V.V.47

4° Techn 378

№ V 1.

Städtisches Eigenthum.

Neue Versuche

über

den Kalk und Mörtel,

von L. J. Vicat

und Andern.

Aus dem Französischen übersetzt und mit Zusätzen vermehrt.

Städt. Bau-Bureau Augsburg.

MAGISTRAT DER KÖNIGL. BAYR. STADT AUGSBURG

Mit 3 Steindrucktafeln.

Berlin und Posen,
bei Ernst Siegfried Mittler.
1825.

Vorbericht.

Die nachfolgende Schrift, deren Druck auf Veranlassung Sr. Excellenz des Herrn Chefs des Königlich Preußischen Ingenieur-Corps erfolgt ist, zerfällt in drei Abtheilungen. Die erste enthält die Uebersetzung einer Französischen Abhandlung, mit dem Titel:

Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons, et les mortiers ordinaires; par L. J. Vicat, ancien élève de l'école polytechnique, ingénieur du corps royal des ponts et chaussées de France. A Paris 1818.

Diese Schrift wurde an alle Ingenieure des Straßen- und Brückenbaues in Frankreich von dem General-Direktor desselben vertheilt, ist aber, so viel ich weiß, nicht in den Buchhandel gekommen, und daher in Deutschland wenig bekannt. (Das Dinglersche polytechnische Journal giebt Bd. IV. S. 280 eine gedrängte Uebersicht davon.) Die Wichtigkeit derselben erhellt deutlich, sowohl aus dem ihr beigefügten Begleitschreiben und den nachfolgenden Berichterstattungen über dieselbe, als auch vorzüglich aus ihrem Inhalte selbst. Ich gebe sie hier vollständig mit einigen ganz unbedeutenden Abkürzungen.

Die zweite Abtheilung enthält die Beschreibung und die Resultate von einer Reihe von Versuchen, die in Coblenz, in den Jahren 1820 bis 1822, mit verschiedenen Mörteln angestellt wurden.

Die dritte Abtheilung endlich giebt einen Auszug aus einem über denselben Gegenstand im Jahr 1822 in Petersburg erschienenen und ebenfalls auf Versuche gegründeten Werke, was als eine Fortsetzung der Vicatschen Abhandlung angesehen werden kann.

Man wird nach sorgfältiger Prüfung der zunächst folgenden Abhandlung eingestehen müssen, daß nur durch solche Versuche, wie sie von Vicat angestellt worden sind, und durch solche Forschungen, wie die des Herrn Professor John, in seiner vortrefflichen Abhandlung über Kalk und Mörtel, die Wissenschaft, in Betreff dieses Gegenstandes, wirklich bereichert werden kann. Wiederholt man einerseits bei jedem bedeutenden Bau, und in jedem bedeutenden Kalksteinbruch, die hier angestellten Versuche, und werden andererseits die daraus gezogenen Resultate durch geschickte Chemiker untersucht: dann, aber nicht eher, kann man hoffen, zu einer vollständigen Kenntniß dieses so wichtigen Baumaterials zu gelangen, und die mannichfachen, zum Theil sehr abgeschmackten, darüber herrschenden Meinungen berichtigt zu sehen.

Versuche und Untersuchungen über die verschiedenen Arten von Mauerkalk, Wassermörtel und gewöhnlichem Mauermörtel; von L. J. Vicat, französischem Brücken- und Straßen-Ingenieur und ehemaligem Zögling der polytechnischen Schule. Mit dem Motto:

„So viel Rücksicht auch in Künsten und Wissenschaften jede herrschende Meinung verdient, so kann man sie doch immer der Prüfung unterwerfen. Man würde nie der Wahrheit um einen Schritt näher gekommen seyn, wenn die herrschende Meinung immer Recht vor der Vernunft behalten hätte. Duclos." —

Diese Schrift wurde von dem General-Direktor des Brücken- und Straßenbaues an alle Straßen- und Brücken-Ingenieure des französischen Reiches, von einem Schreiben begleitet, vertheilt, dessen wesentlicher Inhalt folgender ist:

Paris, den 13ten Juni 1818.

Mein Herr!

Ich beehre mich, Ihnen beifolgend die Untersuchungen des Herrn Vicat über die verschiedenen Arten Mauerkalk, Wassermörtel und gewöhnlichen Mauermörtel zu übersenden. Herr Vicat, welcher seit langer Zeit bei dem Bau der Brücke von Souillac angestellt ist, hat mit einer lobenswerthen Ausdauer eine lange Reihe von Versuchen und Beobachtungen angestellt, die ihn zur Auffindung von Regeln und zur Aufstellung von Grundsätzen geführt haben, deren Bestätigung einen großen Einfluß auf die Baukunde haben muß. Die Bemühungen dieses Ingenieurs haben den Beifall der königlichen Akademie der Wissenschaften und der General-Brücken- und Straßenbau-Commission erhalten, und mehrere von ihm gewonnene merkwürdige Resultate sind schon durch die ersten Versuche, die ich in Paris habe machen lassen, bestätigt worden. Ich wünschte, daß alle Ingenieure dazu beitrügen, die von Herrn Vicat angegebenen Thatsachen und Verfahrungsweisen der Prüfung zu unterwerfen, und daß diese Thatsachen und Verfahrungsweisen, wenn sie sich überall als bewährt zeigen, schnell auf alle Bauplätze der Regierung, und selbst, wenn es möglich ist, auf alle Bauplätze der Departements, der einzelnen Gemeinden und selbst der Privatpersonen verpflanzt würden. Ich fordere Sie daher auf, nichts zu vernachlässigen, was meine Absichten in dieser Hinsicht unterstützen kann.

Ich würde es am zweckmäßigsten finden, wenn Sie zuvörderst Ihre Aufmerksamkeit auf die Ausarbeitung einer Uebersichtstafel verwenden, in welcher Sie die vorzüglichsten physischen Merkmale

aller in Ihrem Departement zur Anwendung kommenden Kalksteinarten angäben. Sie würden darin zugleich die Natur und die Eigenthümlichkeiten dieser verschiedenen Kalkarten bemerken; Sie würden sie nach den in der nachfolgenden Abhandlung angenommenen Merkmalen klassificiren und ihre Güte nach der auf der 2ten Seite angegebenen Verfahrungsart prüfen. Diese Uebersichtstafeln, die mir auf diese Art aus allen Departements zukommen, werden vereint gleichsam eine Statistik aller natürlichen Kalkarten des Königreichs (in Gegensatz der künstlichen, von denen weiter unten die Rede seyn wird) bilden. Zunächst, und zwar besonders in dem Fall, wenn Sie nur mittelmäßige Kalkarten in der Nähe haben, und diejenigen, die zu Mörtel gebraucht werden, sich nur durch weite und kostspielige Zufuhren verschaffen können, fordere ich Sie auf, die Anfertigung künstlicher Kalkarten zu versuchen, sobald die Ausführung irgend eines Baues Ihnen Mittel und Gelegenheit dazu darbietet. Ich kann Ihnen über diesen Punkt noch keine bestimmte Vorschrift geben. Ich mache Sie nur darauf aufmerksam, daß, um die Vergleichung der an verschiedenen Orten erhaltenen Resultate sicherer und leichter zu machen, es zweckmäßig ist, von dem Verfahren des Herrn Vicat nicht abzugehen und seine Benennungen und Maaßeinheiten beizubehalten.

Ein sehr wichtiger Theil der Fabrikation ist die Mischung des Kalks mit dem Thon. Eine einfache, Geld und Arbeit sparende Maschine, die eine vollständige Verbindung beider Materien bewirkte, wäre eine sehr nützliche Erfindung, die meinen ganzen Beifall erhalten würde, und deswegen soll es mir zum besondern Vergnügen gereichen, wenn Sie hierauf vorzüglich Ihre Aufmerksamkeit richten wollen. Außerdem ist es unumgänglich nothwendig, daß Sie genau die Ausgabe bei Anfertigung dieses künstlichen Kalks berechnen, und sie mit den Kosten der gewöhnlichen Wassermörtel vergleichen, welche zur Erhöhung der bindenden Kraft des Kalks, mit verschiedenen Arten von Cement bereitet werden.

An den Orten, wo man kreideartige oder weiche Kalksteine findet, kann man ihre Verbindung mit dem Thon versuchen, indem man sie zu Staub zerreibt. Wenn dieser Versuch gelingt, so bewieser er vielleicht, daß ein zweimaliges Brennen nicht unumgänglich nothwendig, und daß es möglich ist, in diesem Fall die Ausgabe dafür zu ersparen.

Vielleicht entdecken Sie auf mineralogischen Wanderungen noch Steinarten, die alle Eigenschaften eines guten Mörtels ohne alle Verbindung mit fremdartigen Materien darbieten. Herr Bruyère, General-Inspekteur der Brücken und Straßen, hat ein solches Material in der Umgegend von Paris aufgefunden. Ich fordere Sie auf, derartige Nachforschungen nicht zu vernachlässigen.

Herr Vicat hat sich nicht allein mit der Anfertigung des künstlichen Kalkes beschäftigt. In seiner Abhandlung, die ein seltenes Beobachtungstalent zeigt, hat er über die verschiedenen Löschungsarten des Kalks, über die Grundbestandtheile des Mörtels und deren chemische Verbindung unter einander, neue Betrachtungen angestellt, die Ihrem Nachdenken vielen Stoff darbieten werden.

Ich habe die Ehre &c.

(gez.) Becquey,
Staatsrath und General-Direktor der Brücken, Straßen und Bergwerke.

Auszug aus dem Bericht des General-Inspekteurs Bruyere an die Commission des Brücken- und Straßenbau's.

Die verschiedenen Arten Baukalk, so wie die Zusammensetzung und die Eigenschaften des Mörtels sind der Gegenstand der Untersuchungen einer großen Anzahl Gelehrten und Baumeister gewesen. Die neuere Chemie hat das Verdienst, den Weg gewiesen zu haben, den man verfolgen muß, um zu einer vollständigen Theorie über diesen Gegenstand zu gelangen. Die Herren Chaptal, Faujas de St. Fond, Guyton, Descotils und viele Andere haben sich besonders damit beschäftigt, die Resultate der Theorie auf die Künste anzuwenden. Herr Vicat hat Anfangs die von seinen Vorgängern betretene Bahn verfolgt; aber, weiter fortschreitend, hat er bald den Zwischenraum übersprungen, der das Laboratorium des Chemikers noch von den großen Werkstätten der Baukunst trennte.

Es ereignet sich selten, daß außerordentliche Entdeckungen gemacht werden, die in den Künsten und Wissenschaften Epoche machen. Die gelehrtesten und thätigsten Männer schätzen sich glücklich, wenn sie die Wissenschaft um einen Schritt weiter bringen. Ich glaube sagen zu können, daß Herr Vicat zu der Zahl derselben zu zählen ist. Er hat vorzüglich das wesentliche Verdienst, seine Kenntnisse auf die Untersuchung eines Gegenstandes verwandt zu haben, der von dem ausgedehntesten Nutzen ist, und dessen Anwendung sich auf den ganzen Erdkreis ausbreiten kann. So viel Antheil man auch den Vorgängern des Herrn Vicat an den Beobachtungen einräumen kann, von denen er seine Theorie abgeleitet hat: immer muß man zugestehen, daß seine Abhandlung mehrere neue Ideen und unleugbare Resultate enthält, von denen man bis jetzt keine Ahndung hatte.

Die Vortheile, die aus der Verbreitung der Verfahrungsart und der Theorie des Herrn Vicat, wenn sie im Großen werden angewandt werden, für die öffentlichen und Privatbauten entspringen müssen, sind unzählbar. Sie werden die Anwendung der kostspieligen Pozzolanerden und namentlich der sogenannten Cemente, deren oft zweifelhafte Eigenschaften schon die Dauer manches Bauwerkes in Gefahr gebracht haben, so wie den Gebrauch großer Werkstücke unnöthig machen, die, dem Beispiele der Römer und Gothen zuwider, an den neuern Gebäuden verschwendet werden. Sie werden uns erlauben, unsere Ziegeln und Baumaterialien von kleinen Dimensionen, mit demselben Erfolg, als jene Völker anzuwenden, und die Stukkaturarbeiten nachzuahmen, deren dieselben sich so häufig bedient haben. Vorzüglich aber wird beim Brücken- und Straßenbau der Gebrauch der hydraulischen Mörtel häufig in Anwendung kommen, und es läßt sich voraussehen, daß es in einigen Jahren nicht mehr erlaubt seyn wird, sich eines andern Mörtels bei den öffentlichen Bauten zu bedienen.

Die Meinungen werden ohne Zweifel über einige Punkte der Abhandlung des Herrn Vicat getheilt seyn: aber man wird einstimmig anerkennen müssen, daß dieses Werk eine so große Menge höchst wichtiger Thatsachen enthält, daß es wünschenswerth ist, es zum Nutzen der Kunst und zum Besten des Brücken- und Straßenbaues öffentlich bekannt gemacht und in den Händen aller Ingenieure zu sehen.

Es wird daher angemessen seyn, den Verfasser zu vermögen, es in Druck zu geben, und ihm alle nöthigen Aufmunterungen dazu zu bewilligen. Was mich persönlich betrifft, so will ich meine schwachen Kräfte anwenden, um die Besitzer von Kalköfen zu veranlassen, das Verfahren des Herrn

Vicat im Großen anzuwenden, und ich werde mich glücklich schätzen, wenn ich so zur Verbreitung desselben beitragen kann. Paris den 23. Januar 1818.

Bruyère.

Beschluß der Commission.

Die General-Commission des Brücken- und Straßenbaues weiß das Verdienst und die Wichtigkeit der Arbeit des Herrn Vicat ganz zu schätzen, tritt in Allem der Meinung des Berichterstatters bei und vereinigt sich vorzüglich mit demselben, um den Herrn General-Direktor zu bitten: theils dem Herrn Vicat die Mittel zu erleichtern, sein Werk drucken zu lassen, theils bald, und auf eine nicht kostspielige Art, die Ausführung der Verfahrungsweisen dieses Ingenieurs bei den Mauerarbeiten zu bewirken. Sie äußert zugleich den Wunsch, daß die Behörde unentgeltlich jedem Ingenieure ein Exemplar dieses Werks zusende.

Auszug aus dem Bericht an die königliche Akademie der Wissenschaften.

Herr Vicat, Brücken- und Straßen-Ingenieur im Departement des Lot, hat der Akademie eine Abhandlung überreicht, betitelt: Versuche rc. Der Gegenstand dieser Arbeit ist von der größten Wichtigkeit, weil die Festigkeit der Gebäude jeder Art, und besonders der Wasserbauten von dem Grad der Härte abhängt, welchen der Mörtel oder Cement, der die Baumaterialien unter einander verbindet, erlangen kann. Herr Vicat hat diesen Gegenstand zugleich als Baumeister und als Chemiker behandelt. Die zahlreichen Versuche, die er gemacht hat, und die neuen Ansichten, welche er aufstellt, haben nothwendigerweise die Aufmerksamkeit der von der Akademie zur Beurtheilung dieser Schrift ernannten Commissarien auf sich ziehen müssen.

Herr Vicat hat seinen Aufenthalt in Paris benutzt, um mit den an diesem Ort zur Anwendung kommenden Materialien ähnliche Versuche wie im Departement des Lot anzustellen. Diese Versuche, deren Resultate der Akademie vorliegen, haben bewiesen, daß man, bei Anwendung seines Verfahrens, in Paris von allen Kalkarten hydraulische Mörtel anfertigen kann, die an Güte für den Wasserbau den natürlichen magern Kalk von Metz und Senonches übertreffen, den besten, den man daselbst für diesen Zweck kennt.

Wir sind der Meinung, daß das Werk des Herrn Vicat in jeder Hinsicht den Beifall der Akademie und die Aufnahme in die Sammlung der Abhandlungen der auswärtigen Gelehrten verdient. Gegeben in der Akademie der Wissenschaften den 16. Februar 1818.

v. Prony, Gay Lussac, Girard, Berichterstatter.

Herr Vicat und einige andere französische Ingenieurs haben sich in den letztern Jahren noch weiter mit diesem Gegenstand beschäftigt (unter andern auch Versuche über die Anwendung des Mörtels zum Modelliren und zu Stuccaturarbeiten, die der Witterung zu widerstehen vermögen, angestellt). Man findet Nachrichten darüber, so wie über einige andere dahin einschlagende Versuche und Erfindungen

dungen in dem schon erwähnten polytechnischen Journal von Dingler, an folgenden Stellen, auf welche ich verweise, da diese Zeitschrift in Deutschland allgemein bekannt ist:

Bd. VII., S. 382 und 502; Bd. XI., S. 117, 118, 249, 350 und 363; Bd. XII., S. 375 und 429; Bd. XIII., S. 208; Bd. XIV., S. 232, 234 und 264; Bd. XV., S. 186, 334, 341; Bd. XVI., S. 305.

Die Abhandlung Bd. XV. S. 341, namentlich, rührt von dem französischen Ingenieur Obrist Treussart her, der einige Zweifel gegen die von Vicat gemachten Erfahrungen äußert. Der Letztere hat sich dadurch veranlaßt gefunden, im Bulletin des sciences technologiques par Férussac (Jahrgang 1825. Zweites Heft, S. 135.) eine Widerlegung einrücken zu lassen, welche die Richtigkeit seiner Behauptungen und das Unbegründete der vom Obersten Treussart aufgeregten Zweifel in volles Licht stellt, und erwähnt dabei mehrerer Bauten, wo künstlicher hydraulischer Kalk, mit dem besten Erfolge, in Anwendung gekommen ist. Da diese Angaben nicht blos einen neuen Beweis für die Wichtigkeit der Vicatschen Untersuchungen liefern, sondern auch in anderer Hinsicht noch Interesse gewähren, so finde ich mich veranlaßt, sie hier aufzuführen. Sie in die Abhandlung selbst noch aufzunehmen, erlaubte der bereits zu weit vorgerückte Druck nicht mehr:

„Es wird mir wohl erlaubt seyn, den wenigen Versuchen, die Herr Treussart angestellt hat, diejenigen entgegenzusetzen, die von dem Ingenieur Raucourt aus Charleville in Toulon und in Rußland; ferner in London, in Paris und in Amiens von Hr. v. St. Leger; in Nemours von Hrn. Girault; beim Canal du Centre und bei der Brücke von Milesey von den Hrn. Ingenieurs Minarel, Lacordaire rc. gemacht worden sind. Die Versuche des Hrn. Treussart (die von Vicat bei dieser Gelegenheit näher beleuchtet werden) sind zu mangelhaft, als daß man etwas daraus schließen könnte. Und doch glaubt Hr. Treussart dadurch zu beweisen, daß der künstliche hydraulische Kalk zu nichts zu brauchen ist, — zu einer Zeit, wo man ihn in ganz Paris vortrefflich zu benutzen weiß. Ich habe mich selbst zu viel mit der Anfertigung künstlicher Cemente beschäftigt, und zu sehr die Vortheile ins Licht zu stellen gesucht, die sie in vielen Fällen gewähren, um nicht ihre Anwendung in vielen Fällen zweckmäßig zu finden, aber ich kann nicht für ihre ausschließliche Anwendung stimmen. Hr. T. hat den Widerstand seiner Prismen von Wassermörtel zu 200 Kilogr. gefunden; dies ist nämlich das Gewicht, unter welchem ein Prisma von 0,05 M. Breite und Höhe brach, welches auf zwei Stützpunkten auflag, die 0,10 M. von einander entfernt waren. Dieser Widerstand ist gleich einem Widerstande von 8 Kilogr., den der Mörtel auf jeden Quadrat-Centimeter dem Zerreißen entgegen setzen würde. Ich habe schon im Jahr 1818 gefunden (Seite 38), daß dieser letztere Widerstand für manchen Mörtel von gewöhnlichem Sand und hydraulischem Kalk bis 9,60 Kilogr. betrage. Seitdem ist es mir gelungen, Mörtel zu bereiten, der nach einem Jahr gegen das Zerreißen auf den Quadrat-Centimeter in manchen Fällen sogar einen Widerstand von 18,44 Kilogr. (im Mittel aus mehrern Versuchen 14,40 Kilogr.) leistete. Dieser Mörtel enthielt nur hydraulischen Kalk und Sand, und war ein Jahr lang auf einem Dach jeder Witterung ausgesetzt gewesen."

„Der Nutzen des künstlichen hydraulischen Kalks (in Gegenden, die keinen natürlichen von hinreichender Güte besitzen) beschränkt sich daher nicht auf die Wasserbauten allein, sondern bewährt sich vorzüglich bei allem freistehenden Mauerwerk, indem besonders dieser Kalk die Anwendung von Bausteinen aller Art und jeder Größe möglich, und die so kostspieligen Hausteine entbehrlich macht."

„Noch will ich einige Beispiele anführen, die zur Widerlegung der von Hrn. T. geäußerten Besorgniß dienen werden: daß der hydraulische Kalk ohne Zuthat von Traß, bei wichtigen Bauten nicht die gehörige Festigkeit geben werde.“

„Erstes Beispiel. Brücke (des Herzogs von Angoulême) über die Dordogne bei Souillac, auf eine Grundlage von Béton fundamentirt, der aus Sand, Kieselsteinen und natürlichem hydraulischen Kalk (aus dortiger Gegend) bestand, und mittelst Kasten ohne Boden von 5,75 M. Breite in den 4 bis 7 M. tiefen Strom geschüttet worden war. Diese Grundlage trug nach 8 Monaten ein Gewicht von 2,500,000 Kilogr.“

„Zweites Beispiel. Brücke von Mélisey (Obere Saône), fundamentirt auf eine Grundlage von Béton, der aus Sand, Kieselsteinen, Steinkohlenschlacken, Ziegelstücken und künstlichem hydraulischen Kalk bestand.“

„Drittes Beispiel. Ausbesserung einiger schadhaften Stellen an der Brücke von Taverney und Baudoncourt, mit demselben hydraulischen Kalk. Nachdem der Mörtel 14 Tage im Wasser gelegen hatte, gab derselbe nur um 2 Millim. unter einem Eisenstift nach, der 1 Centim. dick und mit 300 Kilogr. belastet war.“

„Viertes Beispiel. Ausstreichung von Mauerfugen, mit Mörtel von künstlichem hydraulischen Kalk und Sand, versucht von dem Ingenieur Hrn. Robinot am Fuß der Mole Trichet bei St. Malo, den 12. Juli 1821. Das Wasser lief aus den Fugen, wie aus einer Quelle. Der Mörtel hat bis zum Jahr 1824 den Wirkungen des Meeres widerstanden, und ist noch in sehr gutem Zustande.“

Hr. Vicat beweiset nun noch, daß in Frankreich Traßmörtel immer theurer als Mörtel von künstlichem hydraulischen Kalk zu stehen kommen werde. „Hr. Treussart nimmt nämlich den Preis des Cubikmeter Traß zu 27,50 Fr. an, wofür man ihn jedoch in Paris nicht haben kann.

2 Cubikmeter Traß kosten demnach	55,00 Fr.
und 1 C. M. Kalk im Mittelpreis	12,00 „
Diese geben zusammen 2,30 C. M. Mörtel und kosten	67,00 Fr.
Mithin kostet ein Cubikmeter Traß-Mörtel	20,13 „

Zu einem Cubikmeter Mörtel von künstlichem hydraulischen Kalk sind erforderlich

0,90 C. M. Sand im Mittelpreis zu 1,50 Fr.	1,35 Fr.
0,45 C. M. hydraulischer Kalk. Dieser müßte, vorausgesetzt daß er beim Löschen sein Volumen gar nicht vergrößere, per C. M. 61,73 Fr. kosten, macht . . .	27,28 „
wenn der Cubikmeter Mörtel wie vorhin zu stehen kommen soll auf	29,13 Fr.

Hr. Vicat behauptet aber, „daß in Frankreich der Cubikmeter natürlicher hydraulischer Kalk nirgends über 30 Fr. und der künstliche nirgends (Paris ausgenommen) über 50 Fr. kosten werde. In Amiens liefert nämlich den letztern Hr. v. St. Léger für den Kanalbau zu 30 Fr., und würde ihn für 50 Fr. nach Brest zum Bau des Kanals von Nantes liefern können (unter Benutzung der Kreide vom Havre). Bei der Brücke von Mélisey hat er (jedoch ohne Unkosten) nur 31,66, und bei der Brücke von Souillac 37,48 Fr. gekostet. Nimmt man nun 40 Fr. als den Mittelpreis an, so würde der Cubikmeter Wassermörtel, von künstlichem hydraulischen Kalk, nur auf 19 Fr. 35 Cent. zu stehen kommen.“

Berlin im Juni 1825.

Erster Abschnitt.

Erstes Kapitel.

Von den verschiedenen Arten Baukalk.

Man hat bisher die verschiedenen Arten Baukalk in fetten und magern getheilt. Es giebt deren wirklich, die gelöscht einen dreimal größern Raum einnehmen, als im ungelöschten pulverisirten Zustande, und andere, die nach der Löschung nur ein und ein Fünftheil ihres vorigen Raumes ausfüllen. Da aber zwischen diesen beiden Grenzen eine Menge Abstufungen liegen, so ist es schwer, eine bestimmte Scheidelinie zwischen magerm und fettem Kalk zu ziehen. Man hat ferner den Namen: magern Kalk, demjenigen gegeben, der die Eigenschaft besitzt, im Wasser zu erhärten; indessen findet man magern Kalk, der hiervon eine Ausnahme macht. Um jede Unbestimmtheit zu beseitigen, wollen wir 1) alle diejenigen Arten hydraulischen Kalk nennen, die, gewöhnlich gebrannt, ohne Zuthat eines fremden Bestandtheiles, in kurzer Zeit unter Wasser erhärten; 2) gemeinen Kalk diejenigen, die diese Eigenschaft nicht haben, und 3) fetten Kalk denjenigen, der 2,60 und 3,60 mal; mittlern, der 2,30 bis 2,60, und magern, der nur 1,00 bis 2,30 mal sein eignes Gewicht an Wasser verschluckt, ehe er sich ganz auflöset, wenn er ungelöscht in eine große Masse Wasser gethan wird. Die verschiedenen Arten sind außerdem ziemlich oft durch ihre Farbe kenntlich.

Die hydraulischen Kalkarten sind bisweilen weiß und sehr wenig gefärbt; aber in der Regel spielen sie ins Lehmfarbige und sind mager. Selten aber gehören sie zur mittlern Gattung, und niemals sind sie fett. Der umgekehrte Fall findet nicht Statt, d. h. die Farbe und die Magerkeit sind nicht die ausschließenden Merkmale der hydraulischen Kalkarten. (Der Verfasser belegt dies alles mit Beispielen aus französischen Kalkbrüchen, die für uns keinen Werth haben.)

Wenn man diese Arten Kalk löschet, zu einem flüssigen Brei auflöset, und dann unter Wasser bringt, so erhärten sie und lassen dabei einen Theil des Wassers fahren, welches sie enthielten. Hat man aber statt eines flüssigen Breies blos einen festen Teig aus ihnen gebildet, so saugen sie noch eine gewisse Menge Wasser ein. Es giebt also zwischen diesen beiden Fällen einen mittlern Grad von teigartigem Zustand, in welchem keines von beiden erfolgt. Es erhellet hieraus, daß die Grundbestandtheile dieses Kalks eine gewisse Menge Wasser bedürfen, um zu erhärten, und daß dieses Wasser zu gleicher Zeit mit in einen festen Zustand übergehet. Diese Arten Kalk bedürfen also zu ihrer Erhärtung weder der Berührung der äußern Luft, noch der damit verbundenen Austrocknung.

Die gemeinen Kalke saugen unter denselben Umständen viel mehr Wasser ein, als sie zu ihrer Erhärtung brauchen, und da sie nicht die Fähigkeit haben, das überflüssige Wasser fahren zu lassen, so bleiben sie beständig in einem weichen, teigartigen Zustand, nicht blos im Wasser, sondern auch in dichtverschlossenen Gruben, wo sie gelöscht werden. Man hat Beispiele, daß Kalk sich so 500 Jahre in ganz weichem Zustande erhalten hat.

Es giebt gewisse Kalke, die eine Mittelstufe zwischen dem hydraulischen und gemeinen bilden, denn wenn man einen Brei aus ihnen bildet und sie der Berührung der Luft entzieht, so erlangen sie einige Festigkeit, werden aber nie recht hart. Sie können nicht alles Wasser erhärten, das sie enthalten; ein kleiner Ueberschuß desselben verbindet sich nicht mit ihnen.

Die Eigenschaften des Kalks sind in jedem Bezirk, ja oft in einem Steinbruch verschieden, und man könnte leicht eine Stufenfolge von dem fettesten gemeinen Kalke bis zum magersten hydraulischen bilden. Dies ist auch der Grund, warum alle allgemeinen Regeln über die Bereitung des Kalks so unanwendbar sind.

Bergmann und nach ihm Guyton schreiben die Eigenthümlichkeit des hydraulischen Kalkes einigen in demselben befindlichen Hunderttheilen Braunstein, Saussüre hingegen einer gewissen Verbindung von Kiesel- und Alaunerde zu. Descotils endlich schließt aus der Analyse des Kalksteins von Senonches, daß die wesentliche Bedingung des hydraulischen Kalkes die Gegenwart einer großen Menge Kieselerde sey. Dagegen aber enthält der Kalk von Metz, der dem Kalk von Senonches vorzuziehen ist, nur 0,05 bis 0,06 Kieselerde. Es ist also noch unbestimmt, wie viel Theile Kieselerde nothwendig erforderlich sind. Wahrscheinlich giebt es noch andere Oxyde, die ebenfalls den Kalk hydraulisch machen können. In Hinsicht der Alaunerde kann ich nichts bestimmen, aber ich habe mich durch wiederholte Versuche überzeugt, daß das Eisen und der Braunstein nicht wesentlich nothwendig dazu sind.

Auf der andern Seite scheinen einige Versuche, von denen bald die Rede seyn wird, zu beweisen, daß ein mäßiges, lange unterhaltenes Feuer im Stande ist, einem ziemlich reinen Kalksteine hydraulische Eigenschaften zu geben. Obgleich dies Resultat noch der Bestätigung bedarf, so sieht man doch ein, daß es nicht unmöglich ist, daß eine andere Ursache als die Oxyde, den Kalk unter Wasser erhärten mache.

Ich will hier noch bemerken, ehe ich weiter gehe, daß es bei allen öffentlichen Bauten von der größten Wichtigkeit ist, sich erst von der Beschaffenheit des anzuwendenden Kalks zu versichern. Da die chemische Analyse oft schwierig seyn würde, so brenne man den anzuwendenden Kalkstein mit Holzkohlen (weil sich im Steinkohlenfeuer eine Fritte bildet), lösche ihn ebenfalls auf die gewöhnliche Art, bilde daraus eine weiche teigartige Masse und lege sie in reines Wasser; ist nach 8 bis 14 Tagen diese Masse hart geworden, so daß sie dem Eindruck des Fingers widersteht, so erhellet daraus von selbst, daß die Steinart hydraulischen Kalk giebt. Bleibt der Teig hingegen weich, so ist es gemeiner Kalk.

Diese Untersuchung ist selbst bei Bauten sehr wichtig, die nicht ins Wasser zu stehen kommen, weil, wie wir in der Folge sehen werden, der hydraulische Kalk auch den besten gewöhnlichen Mauermörtel giebt, obgleich man den gemeinen fetten Kalk gewöhnlich vorzieht, weil er eine viel größere Beimischung von Sand erlaubt. Guyton hat zwei Mittel angegeben, um künstlichen hydraulischen

Kalk zu erhalten. Das erste besteht darin, daß man 4 Theile grauen Thon und 6 Theile schwarzes Braunsteinoxyd mit 90 Theilen pulverisirtem Kalkstaub vermengt und dann das Gemisch kalcinirt. Das zweite: daß man dem gewöhnlichen ungelöschten Kalke eine gewisse Quantität weißes Eisenerz zusetzt, welches größtentheils aus kohlensaurem Kalk, mit Braunstein vermischt, besteht. Das zweite Mittel würde in wenig Fällen anwendbar seyn. Das erste ist nicht ausführbar, weil die Pulverisation des Kalksteines zu viel kosten, und zu viel Braunsteinoxyd erforderlich seyn würde. Die Beobachtung Saussüre's hat mich darauf geleitet, den Versuch mit Substanzen zu machen, die größtentheils aus Kiesel und Alaunerde bestehen. Ich habe dieselben auf eine von der Guyton'schen Methode verschiedene Art mit dem Kalk zu verbinden gesucht. Der Erfolg hat meine Erwartungen übertroffen. Das Verfahren besteht darin, daß man den Kalk entweder durch aufgegossenes Wasser, oder am bequemsten und wohlfeilsten durch bloße längere Aufbewahrung an einem trocknen und bedeckten Orte, wo er durch die Luft aufgelöset wird, in Staub zerfallen läßt, ihn dann mit etwas Wasser und einem Zusatz einer gewissen Menge von grauem oder braunem Thon, oder auch blos von Ziegelerde durchknetet, und aus diesem Teige Kugeln bildet, die man trocknen und hierauf zum zweitenmale brennen läßt. Es ist mir geglückt, auf diese Art künstlichen hydraulischen Kalk zu bilden, der den besten bekannten natürlichen (von Metz) bei weitem übertrifft.

Die gemeinen sehr fetten Kalke vertragen auf 1,00 Theile an der Luft zerfallnen Kalkstaub einen Zusatz von 0,20 Thon; die mittlern bedürfen nur 0,15; und 0,10, ja 0,06 ist für diejenigen hinreichend, die schon einige hydraulische Eigenschaften besitzen. Vermehrt man den Zusatz auf 0,33 bis 0,40, so läßt sich der Kalk nicht mehr im Wasser auflösen, giebt aber, pulverisirt und dann mit Wasser genetzt, einen Teig, der unter Wasser sehr schnell erhärtet. Ist der Thon unrein, so muß er vorher geschlemmt werden.

Man glaube nicht, daß gebrannter Thon, pulverisirt, in Verbindung mit dem Kalk dieselbe Wirkung hervorbringe. Das Feuer verbindet beide Bestandtheile chemisch. Auch ist die Farbe in beiden Fällen ganz anders. Indessen ist es gewiß, daß auch gebrannte Thonerde oder Ziegelmehl bedeutend zur Erhärtung des Kalkes unterm Wasser beiträgt. Wir werden aber in der Folge sehen, daß zwischen dieser Mischung und dem hydraulischen Kalk in Hinsicht ihres Verhaltens unter dem Wasser ein großer Unterschied obwaltet.

Es läßt sich berechnen, daß die Auslagen für dies doppelte Brennen des Kalks nicht so hoch steigen werden, um die Sache unausführbar zu machen. Uebrigens wäre es sehr wichtig, zu untersuchen, ob in den Gegenden, wo sich weiche und kreideartige Kalksteine vorfinden, das erste Brennen nicht durch eine mechanische Pulverisation ersetzt werden könnte?

Zweites Kapitel.

Von den Kalksteinen.

Die Baumeister sind sehr verschiedener Meinung über die Kalksteine, die den besten Mörtel geben sollen. Ich habe mich überzeugt und kann es durch hinreichende Beispiele belegen, daß weder die Farbe noch die Beschaffenheit des Korns, noch die Härte, noch die specifische Schwere hinreichende und sichere Kennzeichen eines guten Kalksteins abgeben. So giebt z. B. (Tab. I.)

Nr. 1. 2. 3. und 4. vortrefflichen Kalk;
Nr. 5. 6. 7. 8. und 9. guten Kalk;
Nr. 10. und 11. mittelmäßigen Kalk;
Nr. 12. 13. 14. und 15. schlechten Kalk.

Eben so wenig ist das, was man Reinheit des Steines nennt, ein sicheres Kennzeichen der Güte. Die besten Kalkarten lassen, in Säuren aufgelöset, einen schmutzigen Bodensatz zurück, der offenbar keine Kalktheile enthält. Eben so kann ich versichern, daß ich mit aller Mühe aus manchen weißen, sehr reinen Kalksteinen, die sich sehr dem reinen Marmor näherten, keinen guten gewöhnlichen Mauermörtel habe bereiten können.

Drittes Kapitel.

Natur des Kalks. Wirkung des Feuers auf den Kalkstein.

Es ist noch nicht lange her, daß die Natur des Kalks bekannt ist. Der Chemiker Davy hat 1807 zuerst gezeigt, daß schwefelsaurer und kohlensaurer Kalk, der Wirkung der Voltaischen Säule unterworfen, am positiven Pol seine Säure und etwas Oxygen, und am negativen Pol eine glänzende Substanz absetzt, die eine solche Verwandtschaft mit dem Oxygen hat, daß sie es aus der Luft an sich zieht und das Wasser sehr schnell zersetzt. Der Analogie gemäß hat man dieser sonderbaren Substanz ihren Platz unter den Metallen angewiesen, und ihr den Namen Calcium gegeben. Der reine Kalk ist also nur ein metallisches Oxyd, und der Baukalk eine Verbindung gleichartiger Oxyde, denn die Kiesel- und Alaunerde zählt man der Analogie nach auch schon zu den Oxyden, und die Metalle, die nach dieser Voraussetzung ihre Basis bilden, haben den Namen Silicium und Aluminium erhalten.

Das Kalkoxyd, oder der reine Kalk, den man in den Laboratorien aus dem Marmor zieht, brauset mit Säuren nicht auf, weil man die Calcinirung immer so weit treibt, daß dem Kalk alle Kohlensäure entzogen wird. Der Kalk aus den gewöhnlichen Kalköfen ist aber niemals ganz frei davon.

Die Calcinirung beschränkt sich nicht darauf, wie man in vielen Schriftstellern lieset, dem Kalkstein das Krystallisationswasser und einen Theil der Kohlensäure zu entziehen; sie veranlaßt auch eine wechselseitige Wirkung der den Kalkstein bildenden Oxyde auf einander. Der nachfolgende Versuch beweiset die Wahrheit des so eben Gesagten. Man nehme einerseits einen unreinen kohlensauren Kalk, und andernseits gebrannten Kalk, der aus dem vorigen kohlensauren Kalk bereitet ist, oder auch das Hydrat desselben, und löse beide Substanzen für sich in verdünnter Salpetersäure auf, so wird der kohlensaure Kalk einen sehr kieselhaltigen dunkelgefärbten Bodensatz geben, während der gebrannte Kalk sich fast ganz auflösen, oder nur einen sehr geringen ungefärbten Bodensatz zurücklassen wird. Stellt man denselben Versuch mit Kalkstein von Calviac an, der fast zur Hälfte seines Gewichts aus Kieselerde in deutlich zu erkennenden Körnern besteht, so erhält man einen Bodensatz von gelbem Sand, und außerdem einen flockigen orangegelben Niederschlag, und die Auflösung ist farbig; ist er aber gebrannt, so erhält man zwar auch einen Niederschlag von Kieselerde, aber in Gestalt eines sehr weißen Sandes, und die Flüssigkeit hat keine Farbe. Auf diese Art erleiden die Kieseltheile, wenn sie nicht ganz in feinen Staub aufgelöset sind, keine so große Veränderung, als wenn dies der Fall

wäre. Wenn nun die Eigenschaften des hydraulischen Kalkes von dieser Veränderung herrühren, die die beigemischten fremden Theile erleiden, so ist es erwiesen, daß es magern Kalk geben kann, der nicht hydraulisch ist.

Der Kalkstein ändert während des Brennens mehrmals seine Farbe. In der Regel ist er weiß oder fahlgelb, wenn er gehörig ausgebrannt ist. Indessen ist die Farbe kein sicheres Kennzeichen. Man muß ihn probiren, indem man ihn löscht. Ist er gut, so muß er sich schnell und vollständig im Wasser auflösen. Wird er zu stark gebrannt, so läßt er sich schwer löschen und bleibt oft mehrere Stunden liegen, ehe er aufgeht.

Wenn man Stücke von einem gemeinen fetten Kalkstein und ein Gemenge von Holz- und Steinkohlen in einem kleinen Ziegelofen über einander schichtet, dann brennen läßt, und wie das Brennmaterial sich nach und nach verzehrt, die Kalksteinstücke, die in den Aschenbehälter fallen, von neuem zwischen Kohlen schichtet und brennen läßt, und damit 15 bis 20 Stunden fortfährt, je nachdem die Stücke groß oder klein sind, so erhält man einen sehr calcinirten Kalk, der sich nicht löschen läßt, aber die merkwürdige Eigenschaft besitzt, unter dem Wasser zu erhärten, wenn man ihn zu einem sehr feinen Pulver zerstößt und mit Wasser einen Teig daraus bildet. Dieser Versuch würde indeß, wegen des zu großen Bedarfs an Brennmaterial, im Großen nicht anwendbar seyn. Auch muß er noch einer nähern Prüfung unterworfen werden, da vielleicht die dabei gebrauchten Steinkohlen Einfluß darauf gehabt haben.

In der Bergwerksschule zu Moutiers sollen Versuche gemacht worden seyn, aus denen hervorzugehen scheint, daß ein gewisser Grad des Brennens jede Art Kalkstein in hydraulischen Kalk verwandeln könne. Die nähern Umstände sind mir leider unbekannt.

Viertes Kapitel.

Von den verschiedenen Arten, den Kalk zu löschen.

Erstes Verfahren.

Wenn man den Kalk, sobald er aus dem Ofen kommt, mit einer hinreichenden Menge Wasser überschüttet, so springt er mit Geräusch aus einander, dehnt sich aus, bildet einen beträchtlichen heißen kaustischen Dampf, und löset sich endlich in einen dicken Brei auf. In diesem Zustand heißt er gelöschter Kalk.

Diese Löschungsart ist die allgemein angewandte. Aber die Maurer mißbrauchen dieselbe: sie ersäufen den Kalk in einer großen Wassermenge, verdünnen ihn, bis er milchartig wird, und gießen ihn dann in Gruben, zu denen die Luft Zutritt hat, und wo er austrocknet und seine Eigenschaften verliert.

Die gemeinen sehr fetten Kalke nehmen, in dicken Brei aufgelöset, bis 3,10 mal ihren vorigen Raum ein; manche hydraulischen Kalke geben nur 1,20.

Um genau die verschiedenen Grade von Fettigkeit der verschiedenen Kalke zu bestimmen, habe ich ein frisch gebranntes Stück derselben genommen, dasselbe in eine größere Wassermasse gethan, als zum Löschen erforderlich ist, den Kalk sich löschen und setzen lassen, das übrig gebliebene Wasser sorgfältig abgegossen, und dann den zurückbleibenden Brei gewogen und hiervon das Gewicht des Kalkes

abgezogen. Darnach ist die letzte Spalte der Tabelle I. gebildet. Man bemerke den Kalk Nr. 15., der sehr mager und doch nicht hydraulisch ist.

Wenn man frisches Wasser auf den Kalk schüttet, nachdem er davon schon eine gewisse Quantität eingeschluckt hat, und mit einem zischenden Ton aus einander gesprungen ist, so hört man ein Geräusch, ähnlich dem, wenn man glühendes Eisen in Wasser taucht. Die heißen, nicht aufgelöseten und mit Wasser genetzten Theile lösen sich schlecht auf, und der Brei bleibt körnig. Je kälter das Wasser ist, desto merklicher ist dieser Erfolg, besonders bei sehr fetten Kalken. Will man also einen vollständig aufgelöseten Kalkbrei erhalten, so muß man gleich Anfangs hinreichend Wasser zugießen, um nicht während des Aufbrausens neues hinzuthun zu dürfen, oder aber das Erkalten abwarten, ehe man neues zugießet. Der Kalk wird faul, d. h. bleibt einige Zeitlang unter dem Wasser liegen, ohne aufzugehen, wenn er einige Tage an der Luft gelegen hat. Dies ist besonders bei den hydraulischen Kalkarten merklich, welche am Ende sich im Wasser auflösen, ohne daß man etwas anders als eine sehr geringe Entwickelung von Wärme dabei bemerkt.

Zweites Verfahren.

Taucht man den ungelöschten Kalk einige Sekunden ins Wasser, und zieht ihn heraus, ehe er aufgeht, so läßt er ein Zischen hören, springt mit Geräusch aus einander, giebt heiße Dämpfe von sich und zerfällt in Staub. Dies nennt man den Kalk durch Eintauchung löschen. Er hält sich lange in diesem Zustand, wenn er vor Feuchtigkeit geschützt ist. Ein Kilogramm gemeinen fetten Kalks nimmt auf diese Art nur etwa 0,18 Kil., der hydraulische hingegen 0,20 bis 0,35 Kil. Wasser auf. Dies ist also gerade hier der umgekehrte Fall, als bei der gewöhnlichen Löschung. Lafaye hat dies Verfahren zuerst im Jahr 1777 angegeben.

Die gemeinen sehr fetten Kalke lösen sich bei diesem Verfahren nicht gut in feinen Staub auf, wenn man die Kalkstücke blos bis zur Größe eines Eies klein schlägt, und dann ausgebreitet aufgehen läßt. Mehr als die Hälfte bleibt dann in Stücken von der Größe einer Erbse liegen; diese Stücke lösen sich schwer in Wasser auf, wenn sie einmal kalt sind, und der daraus bereitete Mörtel wird immer körnig und es bilden sich Blasen darin. Um dieses Hinderniß zu heben, muß man den ungelöschten Kalk in Stücke von der Größe einer welschen Nuß zerschlagen, ehe man ihn eintaucht, und ihn hierauf in Kasten oder Fässer packen. Die Wärme wird dann concentrirt; ein großer Theil der Wasserdämpfe kann nicht entwischen, dringt in den Kalk ein und hilft ihn auflösen. Diese Art, den Kalk zu löschen, ist weit weniger umständlich, als man glauben könnte, und bei der Brücke von Souillac wurden in 168 Arbeitstagen 128 Cubikmeter Kalk auf diese Weise gelöscht. Das Wasser war an Ort und Stelle, und wurde vermittelst einer Pumpe gehoben.

Man kann auch den so gewonnenen Staub durch ein Sieb schlagen, und die gröbern Körner nochmals eintauchen. Immer erhält man aber nur 1,50 bis 1,70 Theile des ungelöschten, pulverisirt gemessenen Kalkes. Die hydraulischen Kalke indessen lösen sich sehr gut auf und geben 1,80 bis 2,18.

Drittes Verfahren.

Wenn man den ungelöschten Kalk lange der Wirkung der Luft aussetzt, so löset er sich in sehr feinen Staub auf. Bei dieser natürlichen Löschung wird ein geringer Grad von Wärme erzeugt,

aber ohne sichtbaren Dampf. Die gemeinen fetten Kalke gewinnen $\frac{1}{5}$ an Gewicht, und geben dem Raume nach 1,75 bis 2,55. Man muß aber dem Kalk Zeit lassen, um sich ganz aufzulösen, und das Verfahren nicht in feuchter Luft anwenden. Diese Löschungsart ist bis jetzt immer als nachtheilig betrachtet, und der an der Luft zerfallene Kalk als verdorben angesehen worden.

Das Verfahren Rondelets, Fleurets und Anderer weicht von den hier angegebenen zu wenig ab, um besonders berücksichtigt zu werden. Wir werden in der Folge, in Betreff der von selbst vor sich gehenden Löschung des Kalks in der Luft, sehen, wie sehr man sich hüten muß, den herrschenden, auf nichts gegründeten Meinungen Glauben beizumessen.

Man sieht, daß man aus gleichen Quantitäten desselben Kalkes teigartige Massen bilden kann, die ganz gleiche Consistenz haben, aber dennoch eine sehr verschiedene Quantität Wasser enthalten. Die gewöhnliche Löschungsart löset den Kalk offenbar am meisten, dagegen die Eintauchung und das Zerfallen an der Luft nur unvollständig auf. Diese letztern Verfahrungsarten geben ihm zugleich die Fähigkeit, wenigstens eine Zeit lang unter dem Wasser zu bleiben, ohne zu zergehen. Bis jetzt hat kein Schriftsteller darauf Rücksicht genommen. Um also mit einem durch Eintauchung gelöschten oder an der Luft zerfallenen Kalke einen, dem Anschein nach, eben so fetten Mörtel zu bilden, als bei der gewöhnlichen Löschungsart, wird man viel mehr Kalk anwenden müssen. Die Maurer, welche die Löschungsart vermittelst des Eintauchens nicht kennen, sagen, wenn der Kalk aufgeht, ohne mit Wasser bedeckt zu seyn, daß er verbrenne. Daher lehren manche Schriftsteller, man solle den Kalk weder ersäufen noch verbrennen. Wir werden in der Folge sehen, daß man sich sehr irrt, wenn man glaubt, daß durch das Verbrennen der Kalk seine Kraft verliere.

Fünftes Kapitel.

Verbindung des Wassers mit dem Kalk. Einfluß des Wassers und der Luft auf die Kalkhydrate.

„Reiner Kalk zu einem Brei gelöscht und in einem Schmelztiegel von Silber oder Platina der Hitze einer Weingeistlampe ausgesetzt, giebt das sogenannte Kalkhydrat. Der Kalk gewinnt hierbei nicht ganz ein Viertheil seines Gewichts. Das Hydrat ist weiß, leicht zu Staub zu zerreiben, und zieht die Kohlensäure aus der Luft an." So sagt Thenard.

Mehrere vorläufige Versuche haben mich belehrt, daß die bei der Löschung angewandte Wassermenge, oder der Grad der Derbheit des Breies einen großen Einfluß auf die Härte des Hydrats äußert. Im folgenden Beispiel drücken die Zahlen der letzten Spalte das Verhältniß der Härte der Hydrate in den 6 verschiedenen Versuchen aus.

				Relative Härte des Hydrats.
1,00 Kilogramm gemeinen Kalkes Nr. 13.		mit 1,37 Kil. Wasser gelöscht (Minimum)		0,126
1,00 Kil. desselben	— —	mit 1,83 Kil. Wasser gelöscht	—	0,222
1,00 Kil. desselben	— —	mit 3,15 Kil. Wasser gelöscht (Maximum)		0,068

			Relative Härte des Hydrats.
1,00 Kilogramm hydraulischen Kalkes Nr. 8.	mit 0,70 Kil. Wasser gelöscht (Minimum)		0,014
1,00 Kil. desselben — —	mit 0,92 Kil. Wasser gelöscht	—	0,051
1,00 Kil. desselben — —	mit 2,46 Kil. Wasser gelöscht (Maximum)		0,010

Die Derbheit des Teiges in diesen Versuchen glich der des zur Anfertigung von Töpfen präparirten Thones. Alle Hydrate, die ich versucht habe, hatten dieselbe Derbheit.

Ich bildete aus verschiedenen, nach den drei oben angegebenen Methoden gelöschten Kalken rechtwinklichte Prismen von unbestimmter Länge, von 0,04 Meter Breite, und von 0,025 Meter Höhe, setzte dieselben mehrere Tage der Sonnenhitze aus, und erhielt dadurch Hydrate, die mit einer leichten Rinde von kohlensaurem Kalk bedeckt waren, welche ohne Mühe abgenommen wurde. Hierauf untersuchte ich ihre Härte mittelst eines Instruments, ähnlich dem, welches Peyronnet anwandte, um die Härte der Steine zu prüfen (2te Kupfertafel), und den Widerstand, den sie dem Zerbrechen entgegensetzen, durch eine Maschine, die auf der ersten Kupfertafel abgebildet ist. Die Zeichnung giebt von dieser letztern einen deutlichen Begriff. In einer Entfernung von 0,03 Meter vom Brechungspunkt war die eiserne Zwinge aufgehängt, an die ein hölzerner Kasten befestigt wurde. Nun schüttete man so lange Sand in den Kasten, bis die Masse brach, und wog dann den Kasten sammt dem Sande. Waren die Bruchflächen nicht ganz von gleicher Größe, so verbesserte man den Widerstand nach der Gallileischen Formel.

Die Tabelle II. zeigt die Resultate dieser Versuche. Für die drei fetten Kalke giebt
die erste gewöhnliche Löschungsart den größten Widerstand, nämlich im Mittel von allen drei 249
und eben so die Härte 0,1696
die dritte Löschungsart an der Luft einen mittlern Widerstand von 170 und die Härte 0,0850
die zweite Löschungsart durch Eintauchung das kleinste Resultat, nämlich im Mittel den
Widerstand 45 und die Härte . . . . 0,0713.

Für die 5 hydraulischen Kalke giebt
die erste oder gewöhnliche Löschungsart das größte Resultat, nämlich im Mittel von allen fünf, den
Widerstand 86 und die Härte 0,0488
die zweite oder die Eintauchung im Mittel die Festigkeit 39 und die Härte . . 0,0446
die dritte oder das Zerfallen an der Luft das kleinste Resultat, nämlich im Mittel die
Festigkeit 24 und die Härte . . . . 0,0358.

Wenn man sich an das erinnert, was im ersten Kapitel über das Aufgehen des Kalkes gesagt ist, so sieht man, daß diejenige Löschungsart, welche den Kalk am meisten auflöset, den Hydraten auch die meiste Festigkeit und Härte giebt. Zur Vergleichung möge dienen, daß der Widerstand oder die Festigkeit eines guten einmal gebrannten Ziegels 569, und die Härte desselben 0,096 gesetzt werden kann.

Die Kohlensäure der Luft setzt sich nach und nach auf der Oberfläche der Hydrate fest und verwandelt sie in Kalkstein, indem sie immer weiter eindringt. Die Dicke dieser kohlensauren Rinde ist nach Verlauf eines Jahres kaum 6 Millimeter bei den hydraulischen Kalken, und 2 bis 3 Millimeter bei den gemeinen. Bei den farbigen Kalkarten kann man diese Rinde sehr leicht erkennen, wenn

man

man das Hydrat durchschneidet, indem sie viel dunkler als das Innere ist, welches von dem sich oxydirenden Eisen herrührt. In den weißen Kalkarten ist sie nur an der größern Härte erkennbar. Die jährliche Zunahme dieser Rinde bildet eine sehr convergirende Reihe, weil die Kohlensäure immer weniger durchdringen kann.

Nach Verlauf eines Jahres habe ich dieselben Hydratprismen nochmals geprüft; die Kohlensäure hatte sie natürlich in dieser Zeit mit einer Rinde umgeben, die nicht ganz gleich bei allen Stücken war, weil es dabei auf die Unterlage, Glätte oder Rauhheit der Oberfläche zc. ankommt. Der Widerstand gegen das Zerbrechen gab daher keine übereinstimmenden Resultate, und ich übergehe sie darum hier. Die Härte ließ sich besser untersuchen, weil man dazu immer Punkte der Oberfläche aussuchen konnte, die bei den verschiedenen Stücken einerlei Beschaffenheit hatten.

Für die gemeinen Kalke gab auch hier

die gewöhnliche Löschungsart das größte Resultat, nämlich	0,400
die Löschung an der Luft ein mittleres von . .	0,170
die Eintauchung das kleinste von	0,130

und bei den hydraulischen Kalken ebenfalls wie früher

die gewöhnliche Löschung das größte Resultat, nämlich	0,087
die Eintauchung ein mittleres von	0,081
das Zerfallen an der Luft das kleinste von . .	0,044.

Man sieht hieraus, mit Zuziehung der Tabelle II. und I.

1) daß manche gemeine sehr fette und weiße Kalke, blos mit Wasser vermischt, eben so hart werden können, als eine Menge natürlicher Kalksteinarten;
2) daß die Luft mit der Zeit die Härte derjenigen Theile vermehrt, zu denen sie gelangen kann;
3) daß die hydraulischen Kalke, besonders die farbigen, blos mit Wasser verbunden, nur eine leichte zerreibliche Masse geben;
4) daß die Luft die Härte dieser letztern Kalke bei weitem nicht so erhöht, als bei den fetten;
5) daß die Festigkeiten dieser verschiedenen Mischungen keineswegs ihren Härten proportional sind;
6) daß man sehr unrecht hat, zu glauben, der Kalk könne ohne Zuthat von Sand nicht erhärten.

Man könnte vielleicht von diesen Hydraten in manchen Fällen Gebrauch machen. Indessen würde dabei auf die Wirkung der Kohlensäure nicht zu rechnen seyn, indem dieselbe in zehn Jahren kaum 0,06 Meter tief eindringen kann. Die größte Festigkeit haben wir 369 gefunden, während die eines gut gebrannten Ziegels 569 ist. Diese Hydrate würden also wohl hart genug seyn, um in gewissen Fällen gebraucht zu werden. Die größte Schwierigkeit liegt in der Verminderung des Volumens. In kleinen Stücken bilden sich zwar keine Risse, in großen Massen würde dies aber unfehlbar der Fall seyn. Die Eintrocknung ist um so bedeutender, je fetter der Kalk ist. Man könnte vielleicht kleine Tafeln bilden, etwa 0,03 Meter dick und 0,10 Meter lang und breit, die sich gut würden poliren und zu Mosaikfußböden statt Marmor gebrauchen lassen.

Das Wasser greift die Hydrate der hydraulischen Kalke nicht an, die andern löset es auf. Die durch Kohlensäure in Kalkstein verwandelten Theile widerstehen ihm aber auch. Bildet man Kugeln von diesen nicht hydraulischen Hydraten, läßt sie ein bis zwei Monate im Freien liegen, so daß sich

eine kohlensaure Rinde darum bildet, zerbricht sie dann und legt sie ins Wasser, so löset dasselbe zuletzt den Kern auf, und es bleiben die beiden hohlen Halbkugeln von kohlensaurem Kalk übrig.

Zweiter Abschnitt.

Erstes Kapitel.

Von den hydraulischen Mörteln.

Einleitung.

Die hydraulischen Mörtel sind, wie schon ihr Name anzeigt, für diejenigen Mauern bestimmt, die unter Wasser zu stehen kommen. Der Kalk ist stets der wesentliche Bestandtheil derselben; man vermischt diesen nach Maaßgabe seiner Eigenschaften bald mit Sand allein, bald mit Sand und Cement, bald mit Cement allein. Wir verstehen unter dem Namen Cement *) theils die unter der Benennung Pozzolanerden bekannten vulkanischen Produkte, theils ähnliche durch Feuer in Oefen gebildete Substanzen, die fast ganz gleiche Eigenschaften mit den erstern besitzen. Man findet die Beschreibung dieser letztern Cemente in den Werken von Desmarets, Faujas de St. Fond, Chaptal, Guyton, Daudin ꝛc. Ihre wesentlichen Bestandtheile sind im Durchschnitt 38 Theile Kieselerde, 41 Theile Alaunerde, 6 Theile Kalk und 15 Theile Eisenoxyd. Bei einigen ist die Kieselerde vorherrschend; andere enthalten einige Hunderttheile Talkerde und Braunstein. Hiernach ändert sich natürlich ihre physische Beschaffenheit und ihre Wirksamkeit. Zugleich sieht man, daß die eisenhaltigen Thonerden, die Ockerarten, der bläuliche Schiefer, die Steinkohle, der Basalt, die Laven, der eisenhaltige Sandstein ꝛc., alle durch die Wirkung des Feuers in Cemente umgewandelt werden können, die den vulkanischen Cementen nahe kommen. Ferner ergiebt sich hieraus, daß die hydraulischen Mörtelmischungen nur Verbindungen von metallischen Oxyden sind.

Eigentlich käme es darauf an, zu untersuchen, welche Verbindung von diesen verschiedenen Cementen den härtesten Mörtel giebt. Aber diese Aufgabe ist höchst schwierig. Denn da diese Cemente fast immer aus 4 bis 5 verschiedenen Oxyden zusammengesetzt sind, so würde man eine ungeheure Anzahl von Combinationen erhalten, wenn man alle möglichen Mischungsverhältnisse dieser Oxyde unter einander der Prüfung unterwerfen wollte. Auch sind diese Oxyde nie für sich allein in der Natur zu finden, und man würde bei der Anwendung daher doch nur immer auf das gerade in dem vorhandenen Material stattfindende Mischungsverhältniß beschränkt seyn.

Ich habe daher die Versuche vereinfacht, und mich in die Grenzen eingeschränkt, die durch die Möglichkeit der Ausführung bedingt sind.

Die Cemente, deren ich mich bedient habe, wurden fein pulverisirt, durch ein Sieb geschlagen

---

*) Vicat gebraucht statt des Ausdrucks Cement stets das Wort pozzolane. Ich habe indessen in der Uebersetzung jenen vorgezogen, weil er den allgemeinen Begriff besser bezeichnet.

und mittelst Stampfen gut mit dem Kalk vermischt, bis sie einen derben, aber doch noch dehnbaren Teig bildeten, ähnlich dem im ersten Abschnitt bei Anfertigung der Hydrate beschriebenen.

Ich war anfangs zweifelhaft, auf welche Art ich diese Mörtelmischungen der Wirkung des Wassers aussetzen sollte. Macht man blos Kugeln wie Smeaton, so muß man diese erst ziemlich hart werden lassen, ehe man sie ins Wasser thut, damit sie nicht aus einander fallen, ungeachtet sie beim wirklichen Gebrauch stets in einem viel weicheren Zustande ins Wasser kommen. Daher zog ich vor, den Mörtel in kleine Gläser zu thun; denn obgleich hier nur eine Seite dem Wasser ausgesetzt ist, so ist dies doch von keiner Bedeutung, da dieser Fall bei allen Mauern unter Wasser eintritt, und die innern Theile des Mörtels nie unmittelbar mit dem Wasser in Berührung kommen. Außerdem war es mir, bei der Menge meiner Versuche, um Leichtigkeit bei Handhabung dieser Gefäße zu thun, und die Gläser schienen mir am zweckmäßigsten zu diesem Behuf. Sie waren oben weiter wie unten, 0,10 bis 0,12 Meter hoch und 0,07 bis 0,08 Meter weit. Will man kleine hölzerne Kasten anwenden, so hüte man sich, frisches Holz dazu zu nehmen, oder lege die Kasten vorher einige Tage in Wasser, weil der Extraktivstoff des Holzes das Erhärten des Kalkes hindert.

Da viele Personen der Meinung sind, daß solche Versuche im Großen gemacht werden müssen, um richtige Resultate zu geben, so habe ich mehrere der wichtigsten Versuche im Großen wiederholt, und sie jedesmal, ohne Ausnahme, bestätigt gefunden. Uebrigens ist es gewiß, daß es nicht sowohl auf die Größe der zu untersuchenden Stücke ankommt, als vielmehr auf die Genauigkeit, mit der man dabei zu Werke geht.

Weder die Baumeister noch die Chemiker haben bis jetzt mit dem Wassermörtel genaue vergleichende Versuche angestellt; sie haben sich größtentheils begnügt, einige Schläge mit dem Hammer darauf zu thun, oder Keile und eiserne Spitzen hineinzutreiben, ohne Rücksicht auf den Widerstand zu nehmen, den die zufällige Lage und Ungleichheit der in dem Mörtel enthaltenen Steinabgänge (dem gewöhnlichen Bestandtheile des sogenannten Betons) nothwendig verursachen müssen. Sie hätten die Steinabgänge bei diesen Versuchen auf jeden Fall weglassen sollen, weil dieselben nur zum Ausfüllen dienen, und die Eigenschaften des hydraulischen Mörtels ganz davon unabhängig sind.

Alle meine Wassermörtel habe ich zweien Hauptproben unterworfen. Ich habe nämlich erstens die Zeit gemessen, die jeder von ihnen nöthig hat, um einen gewissen bestimmten Grad von Festigkeit zu erlangen, und außerdem ihre relativen Härten zu verschiedenen Zeiten geprüft.

Die erste Probe stellte ich mittelst eines runden und glatten Stahlstäbchens von 0,0012 Meter Dicke an, welches an einem Ende viereckig gefeilt, und an dem andern in einen Klumpen Blei von 0,30 Kilogramm Schwere eingelassen war. Die Schnelligkeit der Erhärtung ist durch die Anzahl Tage ausgedrückt, die nöthig waren, bis der Mörtel, von dem Tage seiner Aufbewahrung unter dem Wasser an, das Stahlstäbchen mit dem Blei ohne merklichen Eindruck auf der Oberfläche tragen konnte. Die relativen Härten wurden durch die Tiefe bestimmt, bis zu welcher eine Stahlspitze in den Mörtel eindrang, die vermittelst einer Maschine regelmäßige Stöße durch einen herabfallenden kleinen Rammklotz von Eisen erhielt. Diese Maschine, ganz von Eisen und auf Holz festgeschraubt, ist auf der Kupfertafel II. abgebildet. Das Mörtelstück kann, wie man sieht, mittelst einer Schraube bis zu einer bestimmten Höhe hinaufgeschraubt werden. Die übrige Einrichtung ergiebt sich aus der Zeichnung.

Der Mörtel ist in den gewöhnlichen Gebäuden nur der Wirkung todter Kräfte ausgesetzt, die ihn zu zerdrücken oder aus einander zu brechen streben. Der Widerstand des Mörtels gegen diese Kräfte ist von dem verschieden, den derselbe einer Spitze entgegensetzt, die, von lebendigen Kräften bewegt, in ihn eindringt. Da nun der erstere Widerstand in der Anwendung ausschließlich vorkommt, so habe ich das Verhältniß aufzufinden gesucht, in welchem er zu dem letztern Widerstand gegen eine lebendige Kraft steht. Ich habe nun (Tab. III.) gefunden, daß die Quadrate der Zahlen, welche das Eindringen der Stahlspitze ausdrücken, umgekehrt dem Widerstand proportional sind, den der Mörtel dem Zerbrechen entgegensetzt. Die dabei stattfindenden Abweichungen von einigen Hundertheilen sind bei solchen Versuchen unvermeidlich. Nach diesem Verhältniß habe ich in den Tafeln für die hydraulischen Mörtel den relativen Widerstand berechnet. Die Zahlen, die denselben ausdrücken, sind aber nur unter sich vergleichbar und bloße Verhältnißzahlen. Bei den gewöhnlichen Mörtelarten dagegen, von denen im dritten Abschnitt die Rede seyn wird, bezeichnen die Zahlen, wodurch die Festigkeit oder der Widerstand ausgedrückt wird, wirklich die Anzahl Hektogramme, unter deren Gewicht ein Prisma von bestimmten Dimensionen bei einer bestimmten Entfernung des Aufhängepunkts von der Bruchfläche bricht. Man vergleiche auch hiermit die Vorerinnerung zu den Uebersichtstabellen.

(Anm. des Uebers. Es scheint indeß, daß auch jene Verhältnißzahlen für die Festigkeit der hydraulischen Mörtelarten leicht eben so wie bei dem gewöhnlichen Mörtel in Hektogrammen hätten ausgedrückt werden können. Dies würde zur Vergleichung weit bequemer seyn. Da indeß der Verfasser nicht angiebt, auf welche Art er aus den Zahlen, welche die Tiefe des Eindringens der Stahlspitze ausdrücken, jene Verhältnißzahlen berechnet hat, so sind diese letztern blos unter sich vergleichbar und erlauben keine Zusammenstellung mit andern Versuchen.)

Zweites Kapitel.

Einfluß des stärkern oder schwächern Brennens der künstlichen Cemente auf die Festigkeit des Wassermörtels.

Es ist bekannt, daß die Wirkung des Feuers, nach Beschaffenheit seiner Dauer und seiner Heftigkeit, die Verbindung von metallischen Oxyden auf verschiedene Art modificirt; daß einige Oxyde dadurch einen geringern Grad von Oxydation erhalten, während andere überoxydirt werden; daß im Allgemeinen große Veränderungen darin durch das Feuer bewirkt werden, die nothwendig wesentlichen Einfluß auf die Eigenschaften der verbundenen Oxyde äußern müssen.

Es folgt hieraus, daß die in Oefen gebrannten Cemente nach den verschiedenen Graden des Brennens auch verschiedene Grade von Wirksamkeit erlangen werden. Bis jetzt hat noch Niemand, so viel ich weiß, darauf Rücksicht genommen; denn obgleich in den Lehrbüchern gesagt ist, man müsse das Ziegelmehl von gut gebrannten Ziegeln bereiten, so ist dieser Ausdruck doch sehr schwankend und ungewiß.

Ich will für das Ziegelmehl drei Grade des Brennens annehmen. Gewöhnlich gebrannt ist es, wenn der Ziegel ganz braun oder roth gefärbt ist, einen hellen Klang von sich giebt und sich im Wasser nicht auflöset. Wird der Ziegel nochmals gebrannt, so erhält er eine dunklere Farbe und

eine größere Härte, saugt weniger Wasser ein und widersteht der Witterung besser. Endlich ist der Ziegel calcinirt, wenn er anfängt, sich zu verglasen, einen glasartigen Bruch und eine eisengraue Farbe hat, an der Zunge nicht mehr kleben bleibt und ins Glas einschneidet. Wenn man die Wirkungen dieser drei Grade des Brennens untersucht, so ergeben sich die Wirkungen der dazwischen liegenden Grade von selbst.

Die Steinkohle bietet ebenfalls drei besondere Fälle dar: einem lebhaften Feuer ausgesetzt, bildet sie poröse, harte und schwere Schlacken; bei mäßigem und anhaltendem Feuer verwandelt sie sich in eine schwarze kohlenartige sehr leichte Masse, und geht zuletzt in eine mehr oder minder braunrothe Asche über.

Der blaue Schiefer, einige Stunden rothglühend erhalten, nimmt eine röthliche Goldfarbe an; vermehrt man das Feuer bis zum Weißglühen, so bersten die Schieferblättchen von einander und es bildet sich eine poröse, leichte, zerreibliche, hellgrüne Masse; dies ist der letzte Grad des Brennens.

Der Basalt erleidet in einer fortgesetzten Rothglühhitze nur eine leichte Veränderung; in der Weißglühhitze schmilzt er. Bei dem eisenhaltigen Sandstein tritt derselbe Fall ein.

Ich habe die vorstehenden Cemente nur in Verbindung mit gemeinen und mittlern, aber nicht in Verbindung mit sehr hydraulischen Kalkarten untersucht.

Wenn man nun Tabelle IV. durchgehet, so findet man:

1) daß der erste Grad des Brennens beim Thon und eisenhaltigen Sandstein der beste ist, und daß die Kraft dieser Substanzen schnell abnimmt, je mehr sie sich der Verglasung nähern. (Sganzin sagt zwar in seinem Cours de Construction, daß man bei dem Rost der Brücke von Alexandria stark calcinirtes Ziegelmehl mit gutem Erfolge angewandt hat; dies ist aber kein Wunder, da der daselbst gebrauchte Kalk von Casal am Po, sehr hydraulisch ist.)
2) daß die Steinkohle, bei einem langsamen Feuer zu Asche gebrannt, besser ist, als die daraus sich bildenden harten und zerreiblichen, schweren oder leichten Schlacken;
3) daß der blaue Schiefer so stark gebrannt seyn muß, daß die Blätter aus einander bersten;
4) daß endlich der Basalt bis zum Fließen erhitzt werden muß, um den besten Cement zu geben.

Es scheint, daß die fünf Cemente, von denen hier die Rede ist, am wirksamsten sind, wenn sie denjenigen Grad des Brennens erreicht haben, durch den sie das geringste Gewicht und zugleich die größte Fähigkeit, das Wasser einzusaugen, erhalten.

Besonders in Verbindung mit einem sehr fetten gemeinen Kalk, der an und für sich selbst keine Kraft hat, unter Wasser zu erhärten, zeigt sich der Einfluß, den der Grad des Brennens äußert. Ich will in dieser Hinsicht hier die Resultate der Versuche für den Kalk Nr. 13. zusammenstellen, aber zur bessern Uebersicht die Verhältnißzahlen, welche die Festigkeit ausdrücken, möglichst vereinfachen, so daß sie nur für jede Art Cement, aber nicht für alle unter einander vergleichbar sind; denn es kommt hier blos darauf an, den Einfluß des Brennens auf jede Art von Cement besonders zu zeigen, und meine Absicht ist nicht, die Wirksamkeit der verschiedenen Cemente unter sich zu vergleichen. Diese Vergleichung würde zu nichts führen, da sie zu sehr von den Umständen abhängt, und an manchen Orten z. B. das sich vorfindende Ziegelmehl tauglicher als der Schiefer, an andern aber der Schiefer wirksamer als das Ziegelmehl seyn kann.

	Verhältniß des Widerstandes bei den verschiedenen Graden des Brennens.
Wassermörtel, ein Jahr alt, enthaltend einmal gebrannten eisenhaltigen Thon .	1,00
derselbe — — — zweimal — — — . .	0,30
derselbe — — — in Verglasung übergehenden eisenhaltigen Thon	0,17
Wassermörtel, ein Jahr alt, enthaltend Steinkohlenasche	1,00
derselbe — — — schwere, harte Steinkohlenschlacken . .	0,62
derselbe — — — leichte, zerreibliche Steinkohlenschlacken .	0,10
Wassermörtel, ein Jahr alt, enthaltend geschmolzenen Basalt	1,00
derselbe — — — einmal gebrannten Basalt	0,16
Wassermörtel, ein Jahr alt, enthaltend schwammartigen, losgeblätterten, gebrannten Schiefer	1,00
derselbe — — — einmal gebrannten Schiefer . . .	0,12
Wassermörtel, ein Jahr alt, enthaltend einmal gebrannten eisenhaltigen Sandstein .	1,00
derselbe — — — geschmolzenen eisenhaltigen Sandstein . .	0,48

Man sieht übrigens, welche große Aufmerksamkeit und Genauigkeit vergleichende Mörtelversuche erfordern, weil eine Menge Ursachen vorhanden sind, die Anomalien hervorbringen. So erhält man z. B. aus einem und demselben Ziegelofen Ziegeln von sehr verschiedenen Graden des Brennens. Wenn man nun auf diese Verschiedenheit nicht Rücksicht nimmt, so kann auch der daraus gebildete Wassermörtel keine übereinstimmenden Resultate geben.

Drittes Kapitel.

Einfluß des Mischungsverhältnisses des Kalkes und der übrigen Bestandtheile des Mörtels.

Wenn man einerseits einen sehr magern hydraulischen, und andernseits einen sehr fetten gemeinen Kalk nimmt, so hat die Erfahrung seit langer Zeit bewiesen, daß, um mit demselben Cement, aus jedem der beiden Kalkarten gleich fetten Mörtel zu bereiten, man ein verschiedenes Mischungsverhältniß annehmen muß. Derselbe Fall tritt in Hinsicht des Mischungsverhältnisses der verschiedenen Cemente mit einer und derselben Art Kalk ein. Man müßte also eigentlich mit jeder Substanz besondere Versuche anstellen. Dies ist aber eine Arbeit, die eines Menschen Kräfte übersteigt. Man muß es daher jedem Baumeister überlassen, die Baumaterialien, die er zur Hand hat, in dieser Hinsicht zu untersuchen. Wenn ich hier einige Versuche der Art gebe, so habe ich keinen andern Zweck, als die Wichtigkeit solcher Forschungen zu zeigen, und einige alte Irrthümer zu bekämpfen, die so vorherrschend geworden sind, daß man kaum wagen darf, Zweifel gegen sie zu hegen.

Wenn man die Tabelle V. genauer betrachtet, so ergeben sich aus derselben folgende Schlüsse:

Wenn man zur Bereitung eines Wassermörtels 1,00 Theile Sand und 1,00 Theile rothes Ziegelmehl, oder auch blos 2,00 Theile Ziegelmehl nimmt (alles cubisch gemessen), und die Quantität Kalk (durch Eintauchung gelöscht und dann als Staub gemessen) von 2,70 bis 0,50 Theile abneh-

men läßt, so nimmt zwischen diesen Grenzen anfangs die Festigkeit des Mörtels zu und dann wieder ab, es mag gemeiner oder mittlerer hydraulischer Kalk seyn.

Der größte Widerstand für gemeinen fetten Kalk und einer Beimischung von Sand und Ziegelmehl gehört zu einer Quantität Kalk, die zwischen 0,50 und 1,00 liegt, aber näher an 1,00 als an 0,50. Enthält der Wassermörtel blos Ziegelmehl, so findet das Maximum statt für 1,50 bis 1,00 Theile Kalk, aber näher an 1,00 als an 1,50; so daß man 1,00 Theile Kalk als das beste Mischungsverhältniß ziemlich genau ansehen kann.

Für einen mittlern hydraulischen Kalk sind für die größte Festigkeit ziemlich nahe, nicht ganz voll 1,00 Theile Kalk nothwendig. Je magerer der Kalk wird, je weniger fremde Beimischung ist nöthig.

Ich will nur noch bemerken, daß 1,00 Theile durch Eintauchung erhaltenen Kalkstaubes kaum 0,60 geben, wenn man einen Teig daraus bildet. Nun geben 0,60 Theile Kalk mit 2,00 Sand und Ziegelmehl, oder 2,00 Ziegelmehl allein gemischt, einen ungemein magern Mörtel. Nimmt man noch weniger Kalk, so verschwindet er gleichsam im Mörtel, und die Theile behalten keine Verbindung mehr unter einander.

Es folgt hieraus, der gewöhnlichen Meinung entgegen, daß man zu allen Wassermörteln von gemeinem fetten oder auch von mittlerm hydraulischen Kalk, lieber zu wenig, als zu viel Kalk nehmen muß.

Diese Betrachtung würde einen geringen Werth haben, wenn wir nicht sähen, daß nach Umständen eine zwischen nicht sehr ausgedehnten Grenzen liegende Verschiedenheit des Mischungsverhältnisses die Festigkeit des Mörtels um das Zehnfache vermehren kann.

Im Allgemeinen ist das Mischungsverhältniß desto mehr zu berücksichtigen, je weniger erhärtende Kraft der Kalk und die angewandten Cemente besitzen.

Viertes Kapitel.

Einfluß der drei Löschungsarten.

Die Art, wie der Kalk gelöscht ist, äußert einen solchen Einfluß auf die Härte des Mörtels, daß sie in gewissen Fällen die Festigkeit desselben bis zum Sechsfachen steigern kann. Wenn man die Tabellen VI. bis XI. durchgeht, so findet man, daß nicht allein jede Art Kalk eigenthümliche Resultate giebt, in Hinsicht der Art, wie er gelöscht ist, sondern daß auch die Cemente, nach ihrer verschiedenen Beschaffenheit, Einwirkungen äußern, welche die Aufstellung und Uebersicht der Thatsachen erschweren.

Man bemerkt indeß eine große Anzahl derselben, die eine Uebereinstimmung zeigen, und sich daher auf eine allgemeine Art darstellen lassen. Um Weitschweifigkeit zu vermeiden, wollen wir die drei Löschungsarten, wie es im vierten Kapitel geschehen ist, blos durch den Ausdruck: erste, zweite und dritte bezeichnen, und die Differenzen positiv annehmen, wenn das zweite oder dritte Verfahren größere Resultate giebt, als das erste, und negativ im umgekehrten Fall.

Wir wollen zuerst die Tabellen VI. bis X. untersuchen, welche die vollständigsten sind, und eine Uebersicht von 105 verschiedenen Wassermörteln geben, von denen 37 dem ersten, 37 dem zweiten und 31 dem dritten Verfahren angehören, und bei den Resultaten stehen bleiben, die sich ergeben,

nachdem diese Mörtel ein Jahr im Wasser gelegen haben. Zur Vergleichung des ersten und zweiten Verfahrens bleiben uns nur 30 Versuche, weil 7 davon ohne Erfolg waren. Nun geben diese 30 Versuche 28 positive und eine negative Differenz und eine Differenz gleich Null. Zur Vergleichung des ersten und dritten Verfahrens bleiben uns 29 Versuche, weil 2 Versuche ohne Erfolg waren; hier sind nun alle 29 Differenzen positiv. Zur Vergleichung des zweiten und drittens Verfahrens bleiben uns ebenfalls 29 Versuche, von denen 25 positiv, einer negativ und 3 ungewiß sind.

Diese Uebersicht beweiset, daß für die gemeinen fetten, mittlern und magern, so wie für die wenig hydraulischen Kalke, die dritte Löschungsart die beste ist. Dann folgt die zweite und dann die erste.

Da verschiedene Umstände mir nicht erlaubt haben, das Zerfallen an der Luft für die drei Arten Kalk, von denen auf Tab. XI. die Rede ist, in Anwendung zu bringen, so können wir für dieselben nur das zweite Verfahren mit dem ersten vergleichen, und finden auf 7 Versuche 6 negative Differenzen.

Diese Thatsache führt auf merkwürdige Schlüsse, wenn man die vorhergehenden Tabellen zu Hülfe nimmt; denn es zeigt sich, daß die größten positiven Differenzen den fettesten gemeinen Kalken angehören, besonders wenn man solche Versuche auswählt, bei denen der Kalk die Hauptrolle gespielt hat, und die dabei angewandten Cemente nicht besonders kräftig waren. Es scheint wirklich, daß, wenn man von den fettesten gemeinen Kalken nach und nach zu den weniger fetten und sofort bis zu den magersten hydraulischen Kalken übergeht, die positiven Differenzen immer geringer, dann Null und zuletzt negativ werden, so daß die gemeinen Kalke die größten positiven, die mittelmäßig hydraulischen die kleinsten positiven und die sehr hydraulischen Kalke negative Differenzen geben. Dies Gesetz ist sehr einfach. Kenner mögen entscheiden, ob es durch die hier angestellten Versuche hinlänglich erwiesen ist. Andere Versuche mit gewöhnlichem Mauermörtel, von denen im dritten Abschnitt die Rede seyn wird, stimmen ganz damit überein.

Dies sind die unerwarteten Resultate, zu denen ich durch meine Versuche gelangt bin, und die durchaus den gewöhnlichen Ansichten über den an der Luft zerfallenen Kalk entgegenlaufen. Es waren meine vorläufigen Versuche über die Hydrate, die mich ahnen ließen, daß die von selbst erfolgende Löschung des Kalkes an der Luft nie sey gehörig untersucht worden. Faujas de St. Fond ist der einzige, der die Bemerkung gemacht hat, daß der Kalk von Montelimart, an der Luft zerfallen, noch einen sehr guten Mörtel giebt; aber er fügt hinzu, daß es besser ist, bei Gebäuden, die eine sorgfältige Behandlung erfordern, den Kalk frisch gebrannt zu verbrauchen. Wir werden übrigens in der Folge sehen, daß diese letztere Bemerkung für den Kalk von Montelimart, und überhaupt für alle sehr hydraulischen Kalke, sehr richtig ist.

Um diese Beobachtungen zu vervollständigen, müßte man noch eine zweite eben so wichtige Frage aufzulösen suchen; man bemerkt nämlich, daß die Differenzen des ersten Verfahrens gegen die zwei letzten im Allgemeinen für diejenigen Wassermörtel, die Sand und rothes Ziegelmehl oder Steinkohlenschlacken enthalten, weit größer sind, als für diejenigen, die mit pulverisirtem, gebranntem, eisenhaltigem, braunem Thon bereitet sind. Nun ist diese letztere Substanz die kräftigste von allen, die ich angewandt habe. Da es nun gewiß natürliche Cemente giebt, die noch viel kräftiger sind, als

dieser

dieser Thon, so läßt sich die Möglichkeit voraussehen, daß diese Cemente Differenzen geben können, die null oder negativ, oder mit andern Worten, die dem ersten Verfahren günstig sind.

Wäre dies der Fall, so würde die Wahl, die man zwischen den drei Löschungsarten zu machen hätte, nicht blos von der Beschaffenheit des Kalks, sondern auch von den Eigenschaften des Cements abhängen.

Dem Forscher bietet sich hier ein weites Feld zu Untersuchungen dar! Die wichtige Frage, welches die beste Methode sey, den Kalk zu löschen, ist von den Baumeistern seit langer Zeit verhandelt worden, und man darf sich nicht wundern, daß Einer bald der Eintauchung, der Andere bald dem gewöhnlichen Verfahren den Vorzug gegeben hat: denn Jeder hat sich der Materialien bedient, die er gerade zur Hand hatte, ohne den geringsten Zweifel zu hegen, daß die Versuche, die er damit anstellte, nicht auch auf alle Materialien der Art, an andern Orten passen könnten. Faujas scheint allein bemerkt zu haben, daß der Kalk bald für dieses, bald für jenes Löschungsverfahren geeigneter ist; denn er sagt in einer Note zu seiner Abhandlung, indem er von der Eintauchung (oder der Methode Lafaye's) spricht: wenn man in dem Fall ist, von einem sehr guten wirksamen (d. h. hydraulischen) Kalk Gebrauch zu machen, so kann man sich der Mühe entheben, das Verfahren Lafaye's anzuwenden. Jedesmal aber, wenn man einen mittelmäßigen Kalk vor sich hat, rathe ich dringend an, sich dieser Methode zu bedienen.

Es bleibt noch zu untersuchen übrig, wie es möglich ist, daß die Verschiedenheit der Löschungsart einen so großen Einfluß auf die Eigenschaften des Kalks ausüben kann. Es ist gewiß, daß, man mag ein Verfahren anwenden, welches man will, alle Bestandtheile des ungelöschten Kalkes sich noch in dem gelöschten wiederfinden. Denn der Dampf, der sich entwickelt, ist nach allen Lehrbüchern der Chemie, nichts weiter als Wasserdampf, der in einer gewissen Entfernung an kalten Körpern sich wie Thau ansetzt, und mit Malvensaft angestrichenes Papier nur deswegen grün färbt, weil er eine geringe Quantität sehr aufgelöseten Kalkes mit sich führt. Der einzige Bestandtheil, der durch den Dampf verloren gehen könnte, ist die Kohlensäure; da aber die Verwandtschaft derselben mit den Kalktheilchen so groß ist, daß sie nicht durch die Weißglühhitze des Kalkofens hat aufgehoben werden können, so wird sie es um so weniger durch eine Hitze von 240° Reaumür. Der Kalk verliert also keinen seiner Bestandtheile, er nimmt nur Wasser auf, und außerdem bei dem dritten Verfahren noch eine gewisse Quantität Kohlensäure aus der Luft.

Wäre es möglich, daß ein Theil dieses Wassers durch irgend ein Oxyd im Kalk zersetzt würde, so müßte sich Wasserstoffgas entwickeln, was aber nicht der Fall ist, denn ich habe verschiedene Arten Kalk, die noch etwas Kohlensäure enthielten, in eine steingutne Retorte mit destillirtem Wasser gethan, und mittelst einer gekrümmten Röhre die während der Löschung des Kalkes sich entwickelnden Dämpfe in einem großen gläsernen Gefäß mit filtrirtem Kalkwasser aufgefangen, welches Gefäß, wie gewöhnlich bei solchen Versuchen, umgestürzt in einer Wanne voll eben solchen Kalkwassers stand. Nachdem die Operation vollendet war, fand sich in dem gläsernen Gefäß etwa $\frac{2}{3}$ Gas und $\frac{1}{3}$ Kalkwasser. Ich pfropfte hierauf das Gefäß gut zu und schüttelte es tüchtig um, ohne einen Niederschlag zu bemerken. Nachdem ich das Gefäß wieder in Kalkwasser umgestürzt und geöffnet hatte, zeigte sich keine Verminderung des Gases. Ein brennender Spahn brannte darin, ohne daß das

Licht seine Farbe oder seine Stärke änderte. Es ist also aus der Retorte nur gewöhnliche Luft und Wasser zum Vorschein gekommen.

Unter diesen Umständen kann man die Ursachen der verschiedenen Wirkungen der drei Löschungsarten nur in der verschiedenen Quantität Wasser, welches der Kalk aufnimmt, und in den verschiedenen Graden seiner Auflösung suchen. Und hierdurch erklärt sich auch alles: denn es ist gewiß, daß der durch Eintauchung gelöschte Kalk nach und nach eben so viel Wasser aufzunehmen strebt, als er gleich anfangs bei der gewöhnlichen Löschungsart eingesogen haben würde. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man gemeinen durch Eintauchung gelöschten Kalk nimmt, ihn durch ein feines Sieb schlägt, und mit einem dunkelfarbigen Cement einen gut durchgearbeiteten Mörtel daraus bildet. Man wird dann in dem Teig keine unaufgelöseten Kalktheile entdecken können; läßt man ihn aber 2 bis 3 Tage unter Wasser, und zerbricht ihn dann, so bemerkt man in dem Bruch eine Menge kleiner weißer Punkte, die desto sichtbarer seyn werden, je dunkler die Farbe des Cements ist. Der Kalk muß nun, wenn er sich späterhin im Mörtel ausdehnt, die Theile desselben zusammendrücken, und ihn desto dichter und fester machen, je mehr diese Ausdehnung beträgt. Nun giebt der durch Eintauchung gelöschte sehr fette Kalk nur ein Drittheil so viel Ausbeute als bei der gewöhnlichen Löschung, und muß daher die Mörteltheile auch viel mehr zusammentreiben, als der sehr hydraulische, der unter denselben Umständen $\frac{4}{5}$ Ausbeute giebt. (Ist diese Erklärung nicht etwas gesucht, und nicht vielmehr anzunehmen, daß der Mörtel dadurch fester werde, daß der Kalk, indem er erst im Mörtel sich vollends auflöset, das Wasser desselben aufnimmt und erhärtet, und sich zugleich mit den übrigen Bestandtheilen chemisch verbindet? Anm. d. Uebers.) Hieraus läßt sich leicht erklären, warum die Differenzen abnehmen, wenn der Kalk magerer wird. Aber wie können diese Differenzen null oder gar negativ werden? Man könnte es vielleicht so erklären, daß, wie das Aufgehen des Kalkes im Mörtel einerseits die Erhärtung begünstigt, durch die Zusammenpressung auf der andern Seite die Bestandtheile des Mörtels auch wieder getrennt werden. Je nachdem nun die erste oder die letztere Wirkung das Uebergewicht hat, je nachdem wird auch die Erhärtung zu- oder abnehmen. (Sollte nicht vielmehr der sehr hydraulische Kalk durch die zweite und dritte Löschungsart weniger Wasser erhalten, als für ihn zur vollständigsten Erhärtung nöthig ist, während dagegen der gemeine sehr fette Kalk durch diese Löschungsarten verhindert wird, überflüssiges Wasser aufzunehmen? Anm. d. Uebers.)

Vielleicht tritt derselbe Umstand ein, wenn man, statt eines sehr hydraulischen Kalkes, gemeinen Kalk in Verbindung mit einem sehr kräftigen Cement nimmt; in allen übrigen Fällen ist es umgekehrt.

Man kann von dem dritten Verfahren in Vergleichung mit dem ersten eben das sagen, als von dem zweiten in Vergleichung mit dem ersten; aber man kann sich seine Vorzüge über das zweite durch nichts anders erklären, als durch die Kohlensäure, welche die gemeinen Kalke aus der Luft anziehen, ohne sich dadurch jedoch ganz in kohlensauren Kalk oder Kalkstein zu verwandeln. Wir kommen später noch einmal auf denselben Gegenstand zurück.

Fünftes Kapitel.

Wechselseitiger Einfluß der Beschaffenheit des Kalkes und der Cemente. Wirkung des Wassers auf die ihm unmittelbar ausgesetzten Theile des Wassermörtels.

Die Tabelle Nr. IV. zeigt uns, in den Verbindungen von 4 Kalkarten mit 4 verschiedenen Cementen, mehrere bemerkenswerthe Thatsachen. Die Cemente zeigen in Rücksicht einer jeden der Kalkarten eine verschiedene Wirksamkeit, nämlich:

Mit mittlerm hydraulischen Kalk Nr. 8. gab den besten Mörtel 1) Schiefer; dann 2) Basalt; dann erst 3) Thon und eisenhaltiger Sandstein (beide gleich gut).

Für gemeinen Kalk Nr. 11. eignen sie sich am besten in folgender Ordnung: 1) eisenhaltiger Thon und Basalt (gleich gut); 2) Schiefer; 3) eisenhaltiger Sandstein.

Für gemeinen sehr fetten Kalk Nr. 13. 1) eisenhaltiger Thon; 2) Schiefer; 3) Basalt; 4) eisenhaltiger Sandstein.

Für gemeinen sehr magern Kalk Nr. 15. 1) Basalt; 2) eisenhaltiger Thon; 3) Schiefer; 4) eisenhaltiger Sandstein.

Diese Resultate beweisen schon, daß ein Cement mit gewissen Kalkarten sehr guten Wassermörtel geben, und für andere Arten Kalk sich viel weniger eignen könne. (In Paris wurden 1807 Versuche angestellt, unter Leitung von Guyton de Morveau, um die Wirksamkeit des Schiefers von Cherbourg zu prüfen. Es fand sich, daß der eisenhaltige Schiefer von Haineville mit einem fetten Kalk den schlechtesten Wassermörtel, und einen der besten Wassermörtel mit einem magern hydraulischen Kalk gab.)

Die Tabelle V. zeigt uns ferner, daß in den Grenzen der gewöhnlichen Mischungsverhältnisse ein sehr fetter gemeiner Kalk besser ist, als ein mittlerer hydraulischer, wenn man sie beide mit Ziegelmehl allein verbindet; daß aber der hydraulische Kalk wieder das Uebergewicht behält, wenn das Ziegelmehl halb mit Sand gemischt ist. Man findet außerdem in den Tabellen VI. bis XIII. eine Menge Beispiele, welche beweisen, daß für sehr wirksame Cemente ein gemeiner Kalk besser, als ein hydraulischer paßt. Ferner finden wir die hydraulischen Kalke durchgängig geeigneter für fette, und die gemeinen Kalke für magere Mörtelmischungen. Alle diese Thatsachen hängen zusammen und erklären sich wechselseitig. Man kann nicht leugnen, daß es unter den verschiedenen Mischungsverhältnissen der 5 oder 6 Oxyde eines Wassermörtels, eins geben muß, welches das festeste Bindungsmittel für das Mauerwerk liefert. Je mehr sich nun das zufällige Mischungsverhältniß der Cemente und des Kalks jenem unbekannten besten Verhältniß nähert, je fester werden die darnach zusammengesetzten Wassermörtel werden. Nun kann es sich ereignen, sowohl daß der Kalk schon eine große Anzahl der nöthigen Oxyde, und zwar in der geeignetsten Gestalt, oder auch, daß er erst sehr wenig oder gar keine derselben erhält; und man sieht leicht ein, daß im ersten Fall die Hinzufügung eines guten Cements ein mehr schädliches als nützliches Uebergewicht des einen Oxyds herbeiführen kann, während sie im andern Fall den besten Erfolg hat. Eben so erklärt sich der Einfluß, den die größere oder geringere Quantität Kalk auf die Güte des Mörtels äußert.

(Ich kenne nicht die Mischungsverhältnisse der Bestandtheile der Cemente, deren ich mich bedient habe; aber ich weiß, daß der kieselhaltige Schiefer von Cherbourg, und die Pozzolanerden aus

Italien, welche bei weitem bessere Resultate mit gemeinen als mit hydraulischen Kalken geben, 55 bis 70 Hunderttheile Kieselerde enthalten, während die Pozzolanerden aus dem Departement der Ardeche, und der eisenhaltige Schiefer von Haineville, bei denen der entgegengesetzte Fall eintritt, nur 26 bis 32 Hunderttheile Kieselerde enthalten. Es möchte hiernach scheinen, als wenn in der Mischung eines sehr hydraulischen Kalkes und eines sehr kräftigen Cements, ein Ueberfluß von Kieselerde Statt finde. Aber auf der andern Seite beweiset die Erfahrung, daß sehr hydraulische Kalke und Quarzsand sehr gut zu einander passen. Daraus folgt, daß die Kieselerde im Quarz ganz andere Eigenschaften besitzen muß, als durchs Feuer mit Alaunerde und Eisenoxyd verbunden.)

Es läßt sich also annehmen, daß, wenn alle bekannten Kalkarten, ihren hydraulischen Eigenschaften nach, in eine Reihe geordnet werden, man ihnen gegenüber die Cemente in einer umgekehrten Ordnung aufstellen muß, damit die auf diese Art zusammenfallenden Glieder beider Reihen die bestmöglichsten Resultate geben. Auf diese Art würden die hydraulischen Kalke erster Klasse mit dem Quarzsande zusammenkommen, und die gemeinen sehr fetten Kalke mit den kräftigsten Cementen. (Diese Anordnung würde aber offenbar nur dann ihre Richtigkeit haben, wenn die größte Güte des Mörtels blos von dem Mischungsverhältniß zweier Bestandtheile abhinge; denn sobald mehrere Bestandtheile oder Oxyde dazu nöthig sind, kann man nicht einmal die Cemente in kräftige und schwache theilen, da ihre Wirksamkeit sich erst aus den dem Kalk schon beigemischten Oxyden ergiebt. Anm. des Uebers.)

Nur aus solchen Betrachtungen lassen sich die Widersprüche erklären, die verschiedene Abhandlungen über die Cemente und Pozzolanerden darbieten. Es ergiebt sich z. B. aus den Versuchen von Chaptal, die 1786 im Hafen von Cette wiederholt wurden, daß die Pozzolanerden der Provinz Vivarais (Depart. Ardeche) den italienischen sehr nachstehen. Dagegen findet man in einem Anhang zu der Abhandlung von Faujas de St. Fond, daß andere Versuche, die mit vieler Sorgfalt gemacht zu seyn scheinen, das Gegentheil beweisen. Aber einerseits hat man Kalk von Montelimart gebraucht, der vorzüglich hydraulisch ist, und andernseits gewöhnlichen Kalk aus der Umgegend von Cette.

Alle hier aufgestellten Meinungen sind, ich weiß es sehr wohl, den herrschenden Ansichten ganz entgegengesetzt; aber da sie nicht auf Muthmaßungen, sondern auf Thatsachen beruhen, so verdienen sie wohl einige Aufmerksamkeit. Gauthey geht auch von der Voraussetzung aus, daß der gemeine Kalk sich nicht einmal für die italienische Pozzolanerde eigene, und sagt in seiner Abhandlung über den Brückenbau: wenn der mit fettem Kalk bereitete Mörtel unter Wasser nicht erhärtet, so kommt dies daher, weil, wenn man mit diesem Kalk die andern Bestandtheile des Mörtels und selbst Pozzolanerde verbindet, man doch dadurch nicht zu gleicher Zeit eine hinlängliche Menge von Kalk und metallischen Oxyden in die Mischung bringen kann. Diese Annahme scheint mir durchaus ohne Grund, denn abgesehen von meinen Versuchen, ist es bekannt (durch die Angabe von Lesage und Rondelet), daß der Kalk in der Umgegend von Rom aus sehr reinem (Travertinischem) Marmor gebrannt wird, und daß er daher fetter Natur ist, und doch sind aus diesem Kalk, in Verbindung mit den Pozzolanerden, jene berühmten alten Cementmörtel der Thermen, Wasserleitungen rc. bereitet worden, aus denen man heut zu Tage kleine polirte Gefäße bildet. Wenn gewöhnlicher Wassermörtel mit fettem Kalk oder Pozzolanerde gar nicht oder nur schlecht im Wasser erhärtet, so liegt die Schuld im Gegentheil daran, daß man in der Regel zu viel Kalk dazu nimmt, so daß dieses

Material, in Verhältniß gegen die andern Oxyde, bei weitem in zu großer Menge darin vorhanden ist. Man findet auch wirklich, daß fast in allen Versuchen, die schlechte Resultate gaben (s. das erste Memoire von Lepere und das Memoire von Chaptal), der Mörtel wenigstens eben so viel Kalk (als Teig gemessen) als Cement enthielt, und daß folglich, nach meinen Erfahrungen, wenigstens um die Hälfte zu viel darin war.

Einige Baumeister haben eine so hohe Meinung vom Einfluß des Eisens, daß sie dasselbe für die Hauptursache der Wirksamkeit der Cemente halten. Wenn dasselbe im oxydirten Zustande mit der Kiesel- und Alaunerde verbunden ist, so giebt es wirklich diesen Substanzen hydraulische Eigenschaften; aber ich kann versichern, daß, wenn es mit ihnen nicht innig verbunden ist, wie z. B. wenn es in Gestalt von Eisenfeilspänen oder Hammerschlag mit dem Mörtel vermischt wird, seine Wirkung auf den Kalk sehr unbedeutend ist.

Wenn, wie Chaptal behauptet, die kein Eisen enthaltenden kalcinirten Thonerden nicht als Cement dienen können, so ist es das Eisenoxyd, welches vorzüglich mit Hilfe des Feuers in den ockerhaltigen Thonerden auf die Kieselerde wirkt, eben so wie es der eigentliche Kalk in den hydraulischen Kalksteinen thut. Die Alaunerde scheint also die geringste Rolle in allen diesen wechselseitigen Einwirkungen zu spielen, und doch ist sie ein wesentlicher Bestandtheil guter Cemente. Es giebt Pozzolanerden, in denen einige Hunderttheile alkalische Oxyde die Stelle einer gewissen Quantität Eisenoxyd vertreten. Hierher gehört z. B. der Bimsstein, der nach Klaproth 77,50 Kieselerde, 17,50 Alaunerde, 2,00 Eisenoxyd und 3,00 Pottasche und Soda enthält; vor allem aber ist die Substanz hierher zu rechnen, die durch Destillation mit salpetersaurer Pottasche gebildet wird, und deren Wirksamkeit so merkwürdig ist.

Wie dem auch sey, man sieht, daß, um über diesen Gegenstand richtig zu urtheilen, es nicht hinlänglich ist, wie man bis jetzt gethan hat, das Mischungsverhältniß dieser Bestandtheile einzeln zu betrachten, sondern daß man auf die Natur der Verbindungen Rücksicht nehmen muß, die sie unter einander eingehen. So ist es z. B. gewiß, daß, wenn man 1,00 Theile reinen gelöschten Kalkstaub, 1,00 Kieselerde, 0,80 Alaunerde, 0,01 überoxydirtes Eisen nähme, und diese Oxyde mit Wasser zusammen vermischte, man nur ein sehr schlechtes Resultat erhalten würde. Knetet man dagegen denselben Kalk mit 0,20 Kieselerde, 0,10 Alaunerde, und 0,05 überoxydirtem Eisen zusammen, macht aus den übrig bleibenden Bestandtheilen einen Teig, brennt beide Mischungen auf eine passende Art, und pulverisirt sie, um sie dann auf dem nassen Wege mit einander zu verbinden, so wird man einen guten Wassermörtel erhalten.

Ich will nun noch in einer andern Hinsicht den wechselseitigen Einfluß des Kalks und der Cemente auf einander nach ihrer verschiedenen Beschaffenheit betrachten.

In allen Wasserbauten, wo der Wassermörtel angewandt wird, muß man diejenigen Theile des Mauerwerks, die das Wasser unaufhörlich berührt, von denen unterscheiden, die von allen Seiten eingeschlossen, nur schwer mit der Flüssigkeit in unmittelbare Berührung kommen, da sie mit einer dem Wasser undurchdringlichen Decke versehen sind, (denn es ist gewiß, daß ein Napf, von gutem Wassermörtel gebildet, wenn man ihn voll Wasser stehen läßt, kein Wasser durchschwitzen lassen muß). Bis jetzt haben wir nur auf das Rücksicht genommen, was im Innern vorgeht, aber nicht auf die Oberfläche; daher läßt sich auf diese nicht alles Obengesagte anwenden.

Die gemeinen Kalkarten, im gewöhnlichen Verhältniß mit gewissen Cementen verbunden, wie z. B. mit denen, die ich angewandt habe: — Ziegelmehl, Schiefer, Steinkohlen, Basalt, eisenhaltiger Sandstein — bieten alle folgende Erscheinung dar.

Die Theile, die unmittelbar mit dem Wasser in Berührung kommen, erlangen in einer für jeden Cement verschiedenen Zeit eine größere oder geringere Festigkeit; bald nachher wird ihre Farbe immer dunkler; anstatt daß ihre Erhärtung zunimmt, scheint sie im Gegentheil sich zu vermindern, so daß sie bisweilen selbst die Consistenz verlieren, die sie hatten, ehe sie ins Wasser gethan wurden. Indessen ist dieser letztere Fall ziemlich selten, und findet nur bei ungemein fetten Wassermörteln, oder für diejenigen Statt, die wenig Sand enthalten. Es bildet sich auf diese Weise eine Art Rinde, die immer dicker nach innen zu wird; kratzt man sie mit einem Eisen bis auf die festen Theile ab, so bildet sich eine neue, und das Eindringen derselben nach dem Innern geht desto rascher vor sich, besonders wenn der Kalk auf die gewöhnliche Art gelöscht ist.

Diese Erscheinungen sind bei Anwendung von sehr kräftigen Cementen unmerklich, finden gar nicht Statt bei sehr magern hydraulischen Kalken, und nur in einem sehr geringen Grade in den mit mittlern hydraulischen Kalken angefertigten Mörteln. S. Tab. XIV. Indessen ist zu bemerken, daß die äußern Seiten eines jeden Wassermörtels nie ganz so fest sind, als das Innere.

Eine Kugel von hydraulischem Mörtel, 5 Centimeter im Durchmesser, aus gemeinem sehr fetten Kalk, Sand und Ziegelmehl zu gleichen Theilen bestehend, behielt, nachdem sie zwei Jahre im Wasser gelegen und die weiche Rinde mehrmals war abgekratzt worden, nur einen Centimeter Durchmesser.

Man begreift leicht die Wichtigkeit dieser Bemerkung für die Dauer derjenigen Werke, die dem Wellenschlag und Strom eines beständig bewegten Wassers ausgesetzt sind. Eine Säule Wassermörtel von 1 Meter Durchmesser würde im ungünstigsten Falle nach 100 Jahren vielleicht ganz verschwunden seyn.

Alle diese Thatsachen lassen sich leicht erklären, wenn man die Theile untersucht, die auf diese Art ihre Festigkeit verlieren; man findet alle Bestandtheile des Mörtels darin wieder, den Kalk ausgenommen. Das Wasser hat also die Theile desselben aufgelöset, die nicht mehr darin vorhanden sind, und es ergiebt sich hieraus, daß das Wasser im Stande ist, die aus gemeinem Kalk und mittelmäßigen Cementen bereiteten Wassermörtel zu zersetzen.

Hierzu kommt noch, daß die gemeinen Kalke, blos mit Sand gemischt, im Wasser kaum steif werden, und dies auch nur in dem Fall, wenn sie an der Luft gelöscht sind; denn außer diesem Fall bleibt der Mörtel immer weich, während die hydraulischen Kalke, sie mögen natürlich oder künstlich seyn, sehr guten Wassermörtel geben, und sogar, wenn sie sehr kräftig sind, den bloßen Sand besser zu vertragen scheinen, als den Cement. Sie haben außerdem die Fähigkeit, von selbst im Wasser zu erhärten, und dies macht es möglich, den Mörtel etwas fett zu halten, und ihn, so weit es nöthig ist, auszubreiten und durchzuarbeiten, nachdem er schon im Wasser liegt, ohne fürchten zu dürfen, daß seine zukünftige Erhärtung darunter leide. Bei gemeinem fetten Kalk würde man bei einer solchen Behandlung nie auf die Erhärtung rechnen können.

Aus allen diesen Gründen werden die hydraulischen Kalke in vielen Fällen von vorzüglichem Werth seyn, aber es können Umstände eintreten, wo die gemeinen Kalke sich dennoch zur Ersparniß

mit Vortheil anwenden lassen. Bei allen Grundbauten z. B., wo das Wasser ausgeschöpft wird, kann man sie zum Wassermörtel für die innern dem Wasser nicht ausgesetzten Theile benutzen, und nur für den äußern Umfang Mörtel von hydraulischem Kalk gebrauchen.

Ich will diese Untersuchung mit einigen Bemerkungen über den Zustand des Wassermörtels schließen, den das Wasser zu zersetzen angefangen hat. Die auflösende Kraft dieser Flüssigkeit scheint ihr Ende zu erreichen, nachdem sie einen gewissen Ueberschuß von Kalk weggeführt hat, der mit der Mischung nur schwach oder gar nicht verbunden war. Ich glaube, bei verschiedenen Versuchen bemerkt zu haben, daß die Quantität Kalk, die übrig bleibt, sich ziemlich dem Mischungsverhältniß nähert, welches wir als das beste erkannt haben, und man könnte hieraus vielleicht die merkwürdige Regel ziehen, daß, um in allen Fällen die für irgend einen Cement am besten geeignete Quantität Kalk zu finden, man eine lieber zu fette als zu magere Kugel von Wassermörtel, von etwa 0,02 Meter Durchmesser, daraus bilden, dieselbe ein Jahr lang in Wasser, welches oft mit frischem ersetzt wird, aufbewahren und dann auf irgend eine Art die Quantität Kalk, die sich aufgelöset hat, suchen und dieselbe von dem anfänglich zur Mischung gebrauchten Volumen Kalk abziehen müsse.

Ich glaube auch bemerkt zu haben, daß das Wasser desto weniger Wirkung auf die Oberfläche äußert, je näher die Mischung das beste Verhältniß hat, und dies stimmt mit dem Vorigen ganz überein. Indessen sind von dieser Bemerkung alle Wassermörtel auszunehmen, die blos von gemeinem Kalk und Quarzsand bereitet sind, denn ich glaube, daß sie das Wasser stets auflösen wird, das Mischungsverhältniß mag seyn, welches es wolle.

Uebrigens erfordert das eben Gesagte noch neue Versuche, um es als hinlänglich erwiesen annehmen zu können. So will z. B. Lesage bemerkt haben, daß Wassermörtel, in Wasser aufbewahrt, auf diesem jedesmal nach 2 bis 3 Tagen eine Kalkhaut bildete, und nachdem das Wasser wohl zehnmal frisch aufgegossen worden war, darum nicht weniger fest wurde.

Sechstes Kapitel.

Einfluß der Zeit.

Es bleibt mir noch übrig, von der Zeit zu sprechen, welche die verschiedenen Wassermörtel brauchen, um aus dem teigartigen Zustand, in dem sie sich in dem Augenblick befinden, wo sie ins Wasser kommen, bis zu demjenigen Grade von Festigkeit zu gelangen, den man das Erstarren (la prise) nennt, und dann zu untersuchen, wie sie sich während der ersten zwei bis drei Jahre verhalten.

Die erste Bedingung, damit alle Wassermörtel im Wasser schnell steif werden, ist, daß sie möglichst derb bereitet werden, ohne deswegen sich schwer kneten zu lassen. Ein zu weicher Teig erstarrt langsam und bleibt immer weich; ein zu derber Teig saugt Wasser ein und fällt aus einander, und dies ist noch schlimmer. Ich kenne keine unpassendere Vorschrift als die, daß man den Wassermörtel an der Luft erstarren lassen soll, ehe man ihn ins Wasser bringt; besser noch wäre, ihn etwas weich anzuwenden.

Ungelöschter, gut pulverisirter Kalk, mit Cement gemischt, und dann durch Annetzen in der Mischung selbst gelöscht, bildet einen Wassermörtel, der sehr schnell im Wasser erhärtet, wenn er von allen Seiten so eingeschlossen ist, daß er sich nicht ausdehnen kann; liegt er aber frei, und dies ist

der gewöhnliche Fall, so schwillt er auf und fällt aus einander, weil der Kalk sich vollends in seine kleinsten Theile auflöset und das Wasser mit Gewalt einsaugt, und dies bringt eine sehr nachtheilige Wirkung hervor. Wir können hieraus schließen, daß es besser ist, den Kalk einige Tage vorher zu löschen, als ihn noch ganz warm zu verbrauchen (?). Uebrigens hängt das erste Erstarren des Mörtels eben sowohl von der angewandten Löschungsart, als von der Beschaffenheit der Bestandtheile des Mörtels ab. Die Uebersichtstabellen meiner Versuche zeigen in dieser Hinsicht eine große Verschiedenheit der Resultate. Mehrere davon widersprechen sich sogar, welches von einigen Ursachen herrühren mag, die ich zur Belehrung derjenigen anführen will, die Lust haben möchten, meine Versuche zu wiederholen.

So viel Mühe man sich auch giebt, um den verschiedenen Mörteln bei der Bereitung ein und dieselbe Derbheit zu geben, so kann man diese Uebereinstimmung doch nie vollständig erreichen, weil man, nach Verschiedenheit der Löschungsart des Kalks und der Cemente, verschiedene Quantitäten Wasser anwenden muß. Nun ist hiervon sehr wenig nothwendig, um das Erstarren des Mörtels um einige Tage zu verzögern, oder um so viel früher eintreten zu lassen.

Außerdem habe ich meine Versuche nicht alle in derselben Jahreszeit anstellen können, so daß einige Wassermörtel am Ende des Winters, andere bei der größten Sommerhitze ins Wasser kamen. Dieser Umstand hat nothwendig einen großen Einfluß auf die ersten Fortschritte der Erhärtung haben müssen. Und wirklich habe ich in der Folge Gelegenheit gehabt zu bemerken, daß Wassermörtel, die in heißem Wasser (von 40 Grad Reaumür) in einigen Stunden das Stahlstäbchen zu tragen im Stande waren, in fließendem Wasser bei 7 Grad Wärme diesen Versuch erst nach einigen Tagen aushielten.

Ungeachtet dieser störenden Einwirkungen ergeben sich folgende wohl nicht zu bestreitende Thatsachen:

1) Ein Uebermaaß von Kalk im Wassermörtel verzögert das Erstarren. Das beste Mischungsverhältniß, um die größte Festigkeit zu erlangen, ist auch hierfür das beste.
2) Die kräftigen Cemente, mit gemeinen Kalken verbunden, erstarren schneller als mit hydraulischen Kalken, und dieser letztere wieder schneller als die vorigen, wenn sie mit mittelmäßigen Cementen vermischt sind.
3) Die zweite und dritte Löschungsart scheinen im Allgemeinen das Erstarren schneller zu bewirken, als die erste.

Die Tabellen VI. bis XI. zeigen für die Festigkeit des Wassermörtels, hinsichtlich des Alters desselben, einige merkwürdige Resultate. Die diesem Kapitel angehängten zwei Tabellen enthalten einen mittlern Durchschnitt derselben, und geben den mittlern Widerstand der Wassermörtel in möglichst einfachen Verhältnißzahlen ausgedrückt. Die widersprechenden Resultate sind daraus hinweggeblieben. Die Verhältnißzahlen gelten, wie man leicht sieht, nur für jeden Mörtel einzeln, und erlauben keine Vergleichung derselben unter einander.

Die Tabelle A. zeigt

1) daß die Wassermörtel von gemeinem Kalk im dritten Jahr mehr an Festigkeit zunehmen, als im zweiten;
2) daß diese größere Zunahme an Festigkeit im dritten Jahr für die mittlern hydraulischen Kalke wohl auch Statt findet, aber in weit geringerem Grade;

3) daß

3) Daß am Ende des zweiten Jahres die Zunahme der Erhärtung der sehr hydraulischen Kalke sich zu vermindern scheint.

Man sieht hieraus leicht, daß die Wassermörtel von gemeinem Kalk mehr Zeit brauchen als die andern, um den höchsten Grad ihrer Erhärtung zu erreichen. Ungeachtet diese Zeit sich nicht bestimmen läßt, so glaube ich doch, daß man sie nicht so weit hinaussetzen darf, als es gewöhnlich geschieht, und daß 10 Jahre dazu hinreichend sind. Bei den Mörtelmischungen, blos von Sand und Kalk, ist es nicht so. Ich habe in feuchtem Grunde solche Mörtel noch frisch gefunden, die 25 bis 30 Jahre alt waren.

Die Tabelle B. leitet auf eine andere wichtige Bemerkung: daß nämlich die Zeit das Verhältniß der Vorzüglichkeit der drei verschiedenen Löschungsarten modificirt, aber nicht umkehrt, d. h. daß diejenige Löschungsart, die nach einem Jahre das beste Resultat giebt, sich auch noch nach drei Jahren als die vorzüglichste beweiset. Ist dies aber auch später der Fall? Man kann es nicht bestimmt behaupten; es ist aber sehr wahrscheinlich.

Tabelle A.

Benennung.		Mittlerer relativer Widerstand verschiedener Wassermörtel, nachdem sie im Wasser gelegen.		
		1 Jahr.	2 Jahr.	3 Jahr.
Wassermörtel von gemeinem magern Kalk	Nr. 15.	1,00	1,35	4,20
Derselbe von gemeinem sehr fettem Kalk	Nr. 13.	1,00	1,42	2,95
Derselbe von gemeinem fetten Kalk	Nr. 11.	1,00	1,57	3,58
Derselbe von mittlerm hydraulischen Kalk	Nr. 8.	1,00	1,28	1,94
Derselbe von hydraulischem sehr magerm Kalk	Nr. 4.	1,00	1,48	1,53
Derselbe von hydraulischem sehr magerm Kalk	Nr. 2.	1,00	1,17	1,24

Tabelle B.

Der Buchstabe G bezeichnet die gewöhnliche Löschungsart und der Buchstabe E das zweite Verfahren.

Benennung.		Verhältniß des mittlern relativen Widerstandes in Rücksicht der angewandten Löschungsart, nachdem sie im Wasser gelegen.					
		1 Jahr.		2 Jahr.		3 Jahr.	
		G	E	G	E	G	E
Wassermörtel von gemeinem magern Kalk	Nr. 15.	1,00	1,82	1,00	2,12	1,00	1,54
Derselbe von gemeinem sehr fettem Kalk	Nr. 13.	1,00	2,13	1,00	2,40	1,00	1,95
Derselbe von gemeinem fetten Kalk	Nr. 11.	1,00	1,89	1,00	1,89	1,00	1,87
Derselbe von mittlerm hydraulischen Kalk	Nr. 8.	1,00	1,69	1,00	1,47	1,00	1,81
Derselbe von hydraulischem sehr magerm Kalk	Nr. 4.	1,00	0,74	1,00	0,67	1,00	0,72

Dritter Abschnitt.

Erstes Kapitel.

Von den gewöhnlichen Mauermörteln.

Einleitung.

Kalk blos mit Sand gemischt, bildet den gewöhnlichen Mauermörtel. Wenn derselbe in Hinsicht seiner Bestandtheile weniger Verschiedenheit darbietet, als der hydraulische Mörtel, so ist er dagegen einer Menge Einwirkungen ausgesetzt, von denen dieser nie etwas zu fürchten hat. Denn bald mit Thon umgeben; bald in Boden oder in Sande liegend; bald mit Wasser, das mit Salzen geschwängert ist, oder mit Luft und Säuren in Berührung; bald dem Regen, Sonnenschein und Frost ausgesetzt: ist er fast nur in gewissen Theilen im Innern der Gebäude, in einem beständigen Zustande der Trockenheit anzutreffen, während der hydraulische Mörtel, immer mit derselben Flüssigkeit bedeckt, nur leichte Veränderungen der Temperatur zu erleiden hat.

Dieser Umstand macht fast alle bis jetzt mit den gewöhnlichen Mörteln, auch von neuern Baumeistern angestellten Versuche sehr trüglich, und man muß sich sehr hüten, aus ihnen allgemeine Regeln ziehen zu wollen, da die Resultate, auf denen sie beruhen, nur immer besondre Fälle enthalten. So hat Rondelet gefunden, daß 3 Theile Flußsand und zwei Theile Kalk von Marly (als Teig gemessen) einen bessern Mörtel geben, als zwei Theile solchen Sandes mit einem Theile desselben Kalks, als Staub gemessen und durch Eintauchung gelöscht. Dies mag wahr seyn, aber ich kann unmöglich, wie er, daraus schließen, daß die gewöhnliche Löschungsart den Vorzug vor dem Lafayeschen Verfahren (der Eintauchung) verdiene.

Die Chemiker haben versucht, die Erhärtung des Mörtels auf verschiedene Art zu erklären. Einige meinen, daß die Kohlensäure der Luft sich nach und nach mit dem Mörtel verbinde, und so zu seiner Erhärtung beitrage. Wir haben bei den Hydraten gesehen, daß dieses Festsetzen der Kohlensäure im Mörtel wirklich statt findet, aber sie kann nie tief in denselben eindringen, und wird nie das Innere der Fundamente und dicken Mauern erreichen, besonders wenn diese letztern mit einem Mörtelbewurf bedeckt sind. Andere haben den Kalk als allein für sich bindend, und den Sand als einen fremden Körper angesehen, der blos dazu dient, das Volumen der Mischung zu vergrößern. Wenn dies wirklich der Fall wäre, und der Kalk nicht chemisch auf die kieselhaltigen Körner wirkte, welche er einschließt, so müßte er unter Wasser eben so gut mit als ohne Sand erhärten. Außerdem müßte die Hinzufügung des Sandes stets mehr schädlich als nützlich seyn, weil die Erfahrung beweiset, daß, wenn eine bindende Substanz keine Verwandtschaft mit den beigemischten fremden Theilen hat (Tabelle XV.), die Mischung eine desto größere Festigkeit erlangt, je weniger von diesen fremden Bestandtheilen beigemischt sind, so daß die größte Festigkeit statt findet, wenn die bindende Substanz ganz rein ist. Wir werden aber später sehen, daß dieser Fall nur bei gemeinen sehr fetten Kalken eintritt.

Man ist in neuerer Zeit darüber einig, daß das, was Meyer Causticum des Kalks nennt, und nach demselben aus der Verbindung des Feuers und einer Säure entspringen soll, blos eine sinnreiche Erklärung ohne allen Grund ist.

Bei diesen verschiedenen Theorien ist es kein Wunder, daß die Meinungen über die Mittel, die Erhärtung des Kalks zu befördern, eben so verschieden sind, und daß Manche verlangen, man solle den Mörtel langsam trocknen lassen, indem man ihn zudeckt und von Zeit zu Zeit annetzt, während Andere ihn vor allem Regen und Feuchtigkeit bewahren wollen; — daß Einige alles von der Zeit erwarten, während Andere die Austrocknung zu begünstigen suchen, entweder durch die Anwendung des Kalks, wenn er noch ganz warm ist, oder durch Hinzufügung von ungelöschtem Kalkstaub (Loriot). Dies ist die nothwendige Folge der Systemmacherei; sie führt zu den abweichendsten Ansichten, und wenn man zufällig einmal das Rechte trifft, so bietet sich selten in der Anwendung ein Fall dar, der darauf paßt. Es ist daher ganz verwerflich, wenn man auf zwei oder drei einzelne Thatsachen weitere Folgerungen bauen will, sondern es bleibt nichts übrig, als zahlreiche Versuche aller Art anzustellen. Es ist freilich wahr, daß gute Versuche auch nicht ohne Schwierigkeiten sind, und die die Richtigkeit der Resultate störenden Einwirkungen dabei oft der größten Aufmerksamkeit entgehen. So tritt z. B. ein solches Hinderniß vorzüglich ein durch die Kleinheit der zu versuchenden Mörtelstücke, und durch die sehr merkliche Einwirkung und das sehr ungleiche Eindringen der Kohlensäure aus der Luft in die Oberfläche des Mörtels. Auf der Seite z. B., wo ein Stück Mörtel aufgelegen hat, ist die Einwirkung der Kohlensäure sehr gering. Nimmt man nun bei der Untersuchung der Festigkeit dieses Mörtelstücks, vermittelst der auf Taf. I. abgebildeten Vorrichtung, diese Seite als Basis an, in welcher der Drehpunkt der Bruchfläche liegt, so muß das Resultat ganz anders seyn, als wenn man eine andere Seite als Basis angenommen hätte, die der Einwirkung der Kohlensäure stets ausgesetzt war, da durch die Kohlensäure die Theile, in die sie sich festsetzt, bedeutend härter und fester werden.

Ein anderer Fehler würde aus derselben Ursache entspringen, wenn man die Festigkeit verschiedener Mörtelstücke von gleichem Alter, aber von verschiedenen Dimensionen vergleichen wollte, indem man Berechnungen zu Hilfe nähme. Denn die Summe der durch die Kohlensäure regenerirten Theile ist nicht in jedem Mörtelstück der ganzen Masse proportional, und hängt auch von der Gestalt und Beschaffenheit der Oberfläche ab. (Nimmt man aber die Bruchfläche beim Versuch so, daß sie ganz in das von Kohlensäure freigebliebene Innere des Probestücks fällt, so lassen sich sehr wohl Berechnungen anwenden, wie wir später sehen werden. Anm. des Uebers.) Eben so kann man z. B. ein verschiedenes Resultat erhalten, je nachdem das Probestück auf Holz oder auf Stein, im Luftzug oder an einem verschlossenen Ort ꝛc. gelegen hat, oder je nachdem der Mörtel mit Ziegelstücken oder einem festen Stein vermauert — mit der Kelle heftig angeworfen oder sanft aufgestrichen worden ist ꝛc.

Wenn man außerdem Mörtelstücke aus verschiedenen Theilen eines Gebäudes vergleicht, so muß man Rücksicht nehmen auf die Veränderungen, die sie erleiden, ehe man sie der Prüfung unterwirft. Der Mörtel und einige Steinarten, die das Wasser stark einsaugen, verlieren $\frac{1}{5}$ bis $\frac{2}{5}$ ihrer Härte, wenn man sie anfeuchtet. Gewöhnlicher, einmal gebrannter Ziegel, der trocken einen Widerstand von 543 leistet, giebt nur 334, wenn er eine halbe Stunde im Wasser gelegen hat. Der poröse Stein von Calviac giebt eben so, trocken 849 und angefeuchtet 699. Umgekehrt gewinnen andere Steinar-

ten $\frac{1}{5}$ bis $\frac{2}{5}$ an Festigkeit, wenn sie angefeuchtet sind. Will man daher Mörtelstücke aus alten Fundamenten probiren, so muß man sie ganz frisch der Prüfung unterwerfen. Wollte man z. B. die Dimensionen eines Pfeilers aus der durch Versuche gefundenen Festigkeit des Mörtels und der angewandten Steinart berechnen, so müßte man darauf Rücksicht nehmen, ob der Fuß des Pfeilers vielleicht zu Zeiten der Anspülung des Wassers ausgesetzt ist.

Zweites Kapitel.

Anwendung des sehr kieselhaltigen Sandes zu den gewöhnlichen der Luft ausgesetzten Mauermörteln.

Die Baumeister sind nicht einig, ob der gegrabene Sand, der Flußsand oder der Meersand den Vorzug verdiene. Rondelet hat sich nach Vitruv am meisten damit beschäftigt. Er sagt, daß nicht der Ort, wo der Sand hergenommen ist, sondern die Bestandtheile, aus denen er besteht, die Güte desselben ausmachen. Indessen ist seine Güte ganz unabhängig von seiner Farbe, und ich kann daher nicht mit Rondelet übereinstimmen, wenn er behauptet, daß bei Sandarten von einerlei Gattung, die dunklen immer den hellen vorzuziehen sind, die gelbe Farbe ausgenommen. Man findet z. B. im Departement des Lot einige Adern gelben Grubensandes, der fast so gut ist als Ziegelmehl, während in Grenoble der schwärzliche Sand aus der Isere und dem Drac einen sehr schlechten Mörtel giebt, in Vergleichung mit anderm aus ähnlichem aber hellerm Sande gebildetem.

Ich habe bei meinen Versuchen nur eine Art Sand angewandt, nämlich Flußsand aus der Dordogne, worin der Quarz vorherrschend ist, und der außerdem Glimmer, Feldspath, Schorl und Basalt enthält. Ich habe ihn blos in Hinsicht der verschiedenen Größe der Körner untersucht. Vergleicht man, mit Zuziehung von Tabelle II. und XVIII. die Festigkeit verschiedener Mörtel und Kalkhydrate unter einander, so ergeben sich daraus zwei merkwürdige Folgerungen.

1) Der Kalk, der ohne Beimischung am härtesten wird, giebt den schwächsten Mörtel.
2) Der Quarzsand vermehrt nicht, wie man bis jetzt geglaubt hat, die Festigkeit eines jeden Kalkes ohne Ausnahme; einigen Kalkarten ist er dienlich, andern nachtheilig, und auf die dazwischenliegenden Arten zeigt er keine Wirkung.

Diese Erscheinungen lassen sich vielleicht durch folgende Beobachtungen erklären:

1) Die hydraulischen Kalke, mit Quarzsand gemischt, bilden unterm Wasser härtere Körper, als wenn sie ohne Beimischung angewandt werden; sie äußern also eine chemische Wirkung auf die Sandkörner, und hängen fester an denselben, als in sich selbst.
2) Die gemeinen fetten Kalke, mit Quarzsand gemischt, erhärten nicht unterm Wasser, und können sogar in feuchtem Boden mehrere Jahre liegen, ohne fest zu werden; sie äußern daher nur eine geringe Wirkung auf die Quarzkörner, und hängen nicht so fest an denselben, als in sich selbst. (Es ist indeß möglich, daß nach sehr langer Zeit diese chemische Verbindung mit den Sandkörnern eintritt, denn man findet oft in 4 bis 500jährigen Fundamenten ziemlich guten Mörtel von fettem Kalke.)
3) Die mittlern Kalke müssen nothwendig ungefähr eben so fest am Sand als in sich selbst zusammenhängen.

Loriot hat also in Betreff des fetten Kalkes Recht, den Sand blos als Ausfüllungsmittel anzusehen, und das von ihm erdachte Mittel, dem Kalk durch Beimischung von ungelöschtem Kalkstaub mehr Dichtigkeit zu geben, ist ganz zweckmäßig, liefert aber keine großen Resultate. Man kann also nie darauf rechnen, mit gemeinem fetten Kalk, besonders wenn er nach dem ersten Verfahren gelöscht ist, in Verbindung mit sehr kieselhaltigem Sande, Mörtel zu erhalten, der gut an der Luft erhärtete. Eben so wenig kann man ihn ohne Sand gebrauchen, weil er als Hydrat zwar eine ziemliche Festigkeit erlangt, aber sich sehr zusammenzieht, und also in der Mauer eine Menge Risse bekommen würde. Die Beimischung des Sandes verhindert oder verringert diese Zusammenziehung des Kalks, aber kann sie nicht ganz aufheben. Daher kommt es, daß in den gewöhnlichen Gebäuden der Mörtel so oft in Staub zerfällt und so geringe Verbindung zeigt. Dringt nun auch die Kohlensäure der Luft schneller in diesen lockern Mörtel ein, so ist sie doch nicht im Stande, die einzelnen getrennten Theile mit einander zu verbinden. In Mauern dagegen, wo der Kalk lange frisch bleibt, und daher nicht so leicht mürbe wird, bildet die Kohlensäure bald eine feste Kruste auf den äußern Flächen, und versperrt sich so selbst den Weg zu den innern Theilen. Man sieht also, daß durch ein unglückliches Zusammentreffen verschiedener Umstände alles sich vereinigt, um die Erhärtung des gewöhnlichen Mörtels von gemeinem fetten Kalke unmöglich zu machen.

Die hydraulischen Kalke verhalten sich dagegen glücklicher Weise ganz anders, und scheinen durch ihre vorzüglichen Eigenschaften noch unschätzbarer für freistehende Mauern, als für Wasserbauten zu seyn.

Die Veränderung, welche die Wirkung des Feuers auf die wenigen ihnen beigemischten Theile Kiesel- und Alaunerde hervorbringt, giebt ihnen die Fähigkeit, durch Hilfe des Wassers, chemisch auf den ihnen beigemischten kieselhaltigen Sand zu wirken. Hierin besteht der ausschließliche und wesentliche Charakter der hydraulischen Kalke.

Es ist eine sehr merkwürdige Erscheinung, daß der Kalk erst durch die Wirkung des Feuers, mit einer geringen Quantität Kiesel- und Alaunerde, eine gewisse Verbindung eingehen muß, um hernach sich auf dem nassen Wege mit einer neuen Quantität derselben Substanzen innig vereinigen zu können, und es scheint sogar, daß diese doppelte Operation durch Feuer und dann durch Wasser nothwendig ist, um die größte Wirkung hervorzubringen. Denn wenn man z. B. gemeinen Kalk und Thon zu gleichen Theilen zusammen brennt, so erhält man eine Masse, die zwar nur mit Wasser gemischt und zu einem Teig bereitet werden darf, um einen ziemlich guten Mörtel zu geben, aber die niemals an Härte einem aus Sand und hydraulischem Kalk bereiteten Mörtel gleichkommen wird.

Drittes Kapitel.

Einfluß der Größe der Quarzkörner auf die Festigkeit der gewöhnlichen der Luft ausgesetzten Mauermörtel.

Ich habe zu den Versuchen über den Einfluß der Größe der Sandkörner blos durch Eintauchung gelöschten Kalk gebraucht. Daher gilt das Folgende nur für dies Verfahren, obgleich es sehr wahrscheinlich ist, daß die Löschungsart dabei keinen Unterschied macht.

Nach Tabelle XVI. gilt für den Sand in Hinsicht der Größe der Körner nachstehende Stufenfolge:
Für die sehr hydraulischen Kalke paßt am besten 1) feiner Sand; 2) Sand von ungleicher Größe, sey es nun eine Mischung von feinem und grobem Sand, oder grobem Sand und Kies; dann 3) grober Sand.
Für die mittlern hydraulischen Kalke 1) gemischter Sand; 2) feiner Sand; 3) grober Sand.
Für die gemeinen fetten und sehr fetten Kalke 1) grober Sand; 2) gemischter Sand; 3) feiner Sand.

Der größte Unterschied, der aus dieser Verschiedenheit der Größe der Sandkörner entspringt, beträgt für die gemeinen Kalke höchstens ein Fünftheil, für die hydraulischen mehr als ein Drittheil.

Rondelet sagt, daß Mörtel mit zu feinem Sande nicht so fest wird, als mit etwas groberm gemischt. Wahrscheinlich ist diese Bemerkung von gemeinem Kalk entnommen. Es scheint, als wenn die Römer diesen Einfluß der Größe des Sandes gekannt hätten. Ich kenne wenigstens mehrere antike Gebäude, bei denen darauf Rücksicht genommen zu seyn scheint.

Es ließ sich übrigens schon vermuthen, daß sich die Quarzkörner, je feiner sie sind und je mehr Oberfläche sie daher im Ganzen dem hydraulischen Kalk darbieten, auf welchen sie eine so merkliche chemische Wirkung äußern, desto besser mit den Kalktheilchen verbinden werden. Der gemeine Kalk würde zwar auch vielleicht nach langer Zeit, und mit Hilfe einer beständigen Feuchtigkeit, eine solche chemische Verbindung mit dem Quarz eingehen und fester werden; aber gewöhnlich ist er der Luft zu sehr ausgesetzt und trocknet zu schnell aus, als daß diese Wechselwirkung beider Bestandtheile des Mörtels auf einander jemals eintreten könnte.

Viertes Kapitel.

Einfluß der Austrocknung, je nachdem sie natürlich, oder durch eintretende Umstände aufgehalten oder beschleunigt ist.

Man kann die Austrocknung des Mörtels Tage, Monate, selbst Jahre lang aufhalten, indem man ihn mit Erdboden oder Sand umgiebt, der durch Regen oder durch Begießen stets feucht erhalten wird. Ich will drei Arten der Austrocknung unterscheiden, die gewöhnliche natürliche, die langsame und die beschleunigte.

In freier Luft im Schatten trocknet der Mörtel auf gewöhnliche Art; in Kellern und den untern Theilen der Gebäude hingegen langsam. Aber in den obern Theilen der Gebäude, und der Sonnenhitze ausgesetzt, besonders wenn das Mauerwerk aus Ziegeln oder andern die Feuchtigkeit einsaugenden Materialien besteht, erleidet er eine schnelle Austrocknung.

Die hydraulischen Mörtel, welche die Fähigkeit besitzen, alles Wasser, was sie aufgenommen haben, in feste Theile zu verwandeln, müssen langsam austrocknen. Sie können durch die gewöhnliche Austrocknung bis drei Zehntheile, und durch die schnelle Austrocknung an acht Zehntheile derjenigen Kraft verlieren, die sie durch ein langsames Austrocknen erlangt haben würden. (Vergl. Tabelle XVII. und XXIII.)

Die gemeinen Kalke, die das überflüssige Wasser, das sie enthalten, gar nicht oder erst nach Verlauf vieler Jahre in feste Theile abzusetzen im Stande sind, scheinen durch eine langsame Aus-

trocknung nichts zu gewinnen, wenn dieselbe auch um mehrere Monate, ja selbst ein Jahr lang aufgehalten wird. Die Tabelle XVII. scheint selbst in diesem Fall eine Verschlimmerung anzudeuten. Indessen ist diese nur scheinbar, denn die der gewöhnlichen Austrocknung unterworfenen Mörtelstücke haben eine Menge Kohlensäure aus der Luft an sich gezogen, während jene, mit Erde bedeckt, dies nicht zu thun im Stande waren, und daher erst später diese Festigkeit erlangen können. Ich habe übrigens Mörtelstücke aus 10 bis 12 Jahr alten Fundamenten von gemeinem sehr fetten Kalk, die noch frisch waren, 6 Monate an der Luft trocknen lassen, ohne daß ihre Festigkeit nach Verlauf dieser Zeit größer war, als wenn sie erst vor sechs Monaten wären bereitet worden.

Die schnelle Austrocknung ist sowohl den gemeinen als den hydraulischen Mörteln nachtheilig. Man überzeugt sich davon auch leicht, wenn man sieht, wie mürbe der Mörtel an den Gebäuden ist, die mit Ziegeln im heißen Sommer aufgeführt sind, und wo die Materialien vorher nicht gehörig genetzt waren. Die Maurer sind übrigens hierüber einverstanden.

Die Untersuchung des Quai von Montauban, der 1812 durch den Druck der Erde einfiel, bietet ein merkwürdiges Beispiel des Einflusses der schnellen Austrocknung dar. Die obern Theile waren mit ungenetzten Ziegeln gebaut, die das Wasser des Mörtels schnell einsaugten, und daher schnell dessen Austrocknung bewirkten. Die untern Schichten dagegen waren feuchter geblieben. Daher fand sich auch, daß die Festigkeit des Mörtels von unten nach oben stufenweise abnahm, so daß er unten ziemlich gut war, aber oben nur einen weißen mürben Staub bildete.

Der Einfluß der langsamen Austrocknung auf Mörtel von hydraulischem Kalk ist in Italien schon lange bekannt. Man verfertigt in Alexandria, in Piemont, künstliche Steine, die man Prismen nennt, welche vorzüglich statt Eckquadern rc. dienen und die Gestalt eines dreiseitigen Prisma haben. Man gebraucht dazu einen vortrefflichen hydraulischen Kalk aus der Gegend von Casal, und löscht ihn nach dem gewöhnlichen Verfahren. Fünf bis sechs Tage nachdem er aufgegangen ist, wird er mit einem Gemenge von Quarzsand, Kies und Kalksteinabgängen gemischt und sorgfältig durchgearbeitet. Hierauf gräbt man einen dreieckigen Graben in ebenem Boden und von unbestimmter Länge, streicht die Wände desselben mittelst Wasser und einer Mauerkelle glatt, und thut die Mischung schichtweise hinein, indem man regelmäßige Lagen von Kieselsteinen darin anbringt. Man bedeckt dann das Ganze mit der ausgeworfenen Erde (etwa ½ Meter hoch). Das Mischungsverhältniß ist für einen Cubikmeter folgendes: 0,14 Kalk als Teig gemessen; 0,90 Sand und Kies gemischt; 0,20 Kieselsteine. Die Prismen macht man 1,40 Meter lang, und jede Seite 0,80 breit. Sie bleiben in der Regel drei Jahre im Boden liegen; zwei Jahre sind indeß hinreichend, wenn der Kalk von der besten Gattung ist. Sie widerstehen dann großen Lasten. Ich habe gesehen, daß man solche Prismen von einer Höhe von 6 bis 7 Meter herab über einander warf, ohne daß sie entzweibrachen; blos die Ecken wurden abgestoßen.

Es ist nicht immer möglich, den Mörtel in dem feuchten Zustande zu erhalten, der seiner Erhärtung am zuträglichsten ist; aber man muß wenigstens möglichst dafür sorgen, daß die Austrocknung unmerklich und stufenweise vor sich gehe. Ich habe gefunden, daß viereckige Mörtelprismen von hydraulischem Kalk, von 0,04 bis 0,05 Meter Dicke, dieselben Resultate geben, sie mochten blos 6 Monate oder 1 Jahr in frischem Boden gelegen haben, wenn man sie nur nach und nach dem Zutritt der freien Luft aussetzte.

Ich habe ein Stück Mörtel ein Jahr lang im Wasser liegen lassen, welcher aus gewöhnlichem Sand und an der Luft zerfallenem gemeinen Kalk bestand (ich werde später zeigen, daß das Zerfallen an der Luft dem gemeinen Kalk einige hydraulische Eigenschaften geben kann), aber mit einer Rinde von Wassermörtel umgeben war (um die unmittelbare Berührung der Flüssigkeit zu verhindern). Nach Verlauf dieser Zeit nahm ich das Mörtelstück heraus, schälte die Rinde von Wassermörtel ab, und legte es auf den feuchten Fußboden eines Kellers, und dann nach und nach an höher liegende Orte. Nach einigen Monaten schienen die äußern Theile ziemlich hart, und ich brachte das Stück auf einmal auf den Speicher, um die Austrocknung etwas zu beschleunigen. Einige Zeit darauf unterwarf ich es der Prüfung. Als es entzwei brach, theilte sich das abgebrochene Stück in zwei Theile, so ungefähr, wie sich in einem hartgekochten Ey das Dotter vom Eyweiß trennt. Die äußere Schale war hart; der Kern ließ sich leicht mit den Fingern zerdrücken. Ich setzte nun die andere noch vollständige Hälfte von neuem der Luft aus, in der Voraussetzung, daß in einigen Monaten kein Unterschied mehr zwischen Kern und Rinde zu bemerken seyn werde. Aber das geschah nicht, der Kern wurde niemals so fest, und unterschied sich stets deutlich von der äußern Schale. Es war also die chemische Erhärtung plötzlich durch den Uebergang aus frischer und feuchter in eine trockne und heiße Luft unterbrochen worden. Dieser Versuch war mir zu anziehend, als daß ich ihn nicht noch einigemale wiederholt hätte. Ich erhielt jedesmal dasselbe Resultat.

Fünftes Kapitel.

Einfluß der Löschungsart auf die Festigkeit der gewöhnlichen Mauermörtel.

Das verschiedne Verfahren beim Löschen des Kalkes konnte, wie wir gesehen haben, unter gewissen Umständen die Festigkeit der hydraulischen Mörtel bis zum Sechsfachen steigern. Bei den gewöhnlichen Mörteln ist der Einfluß, den es äußert, zwar nicht so bedeutend, kann aber doch bisweilen die Festigkeit bis zum Doppelten erhöhen, und verdient daher immer Berücksichtigung. Die Tabellen XVIII. bis XXI. geben die Resultate meiner Versuche über diesen Gegenstand. Man erkennt sogleich, daß hier derselbe Fall eintritt, als bei den Wassermörteln, nämlich daß für die fetten, für die mittlern, und für die wenig hydraulischen Kalke das dritte Verfahren sich am besten eignet; dann die Eintauchung; dann erst die gewöhnliche Methode, und für die ausgezeichnet hydraulischen Mörtel am besten das gewöhnliche Verfahren, dann die Eintauchung, dann das Zerfallen an der Luft. Die Ausnahme, die der Kalk Nr. 2. b. macht, scheint zwar dagegen zu streiten, indeß wenn man diesen Zweifel nicht durch neue Versuche heben kann, so ist es ziemlich gleichgültig, ob man für die sehr hydraulischen Kalke das erste oder zweite Verfahren anwendet, da der Unterschied nur höchstens fünf bis sechs Hunderttheile beträgt. Bei den übrigen Kalkarten ist es nicht so, und es hat sich auch für dieselben kein widersprechendes Resultat gefunden.

Man bemerkt, daß das Verhältniß der Festigkeit für jedes Verfahren, in demselben Mörtel, nicht immer dasselbe ist, sondern von den Umständen abhängt. So z. B. ist für Mörtel von Kalk Nr. 11., der zwanzig Monate mit Erde bedeckt war, das Verhältniß der Wirkung des dritten zum ersten Verfahren im Mittel wie 248 : 100; für denselben Mörtel, wenn er an einem stillen und offnen

offnen Ort gelegen hat, wie 200 : 100; und für denselben, wenn er jeder Witterung ausgesetzt war, wie 141 : 100.

Es ist leicht zu erklären, warum die gewöhnliche Löschungsart bei gemeinen Kalken die schlechtesten Resultate giebt, denn das überflüssige Wasser dunstet aus, und dadurch werden die Theile locker und verlieren ihren Zusammenhang. (Bei den Hydraten ist es anders; diese werden fest, indem sie sich zusammenziehen, nachdem ihr überflüssiges Wasser verdunstet ist.)

Aber der Vorzug des dritten Verfahrens vor dem zweiten, bei gemeinen Kalken, ist nicht so leicht zu erklären. Es hängt hiermit ein Umstand zusammen, den bis jetzt, so viel ich weiß, noch niemand bemerkt hat, nämlich, daß ein langes Liegen an der Luft, aber bedeckt und vor Winden geschützt, den gemeinen Kalken, und besonders den sehr fetten, sehr merkliche hydraulische Eigenschaften mittheilt. Ich kenne zwar noch nicht die Zeit, die für jeden Kalk erforderlich ist, um das Maximum dieser Verbesserung zu erreichen, aber ich habe gefunden, daß der Kalk Nr. 14. und 11., nachdem er ein Jahr gelegen, weit bessere Resultate gab, als wenn man ihn sogleich verbrauchte, als er an der Luft in Staub zerfallen war. Nachstehende acht Versuche zeigen dies deutlicher.

Benennung und Nummer der Versuche.	Mischung des Wassermörtels. Kalk an der Luft gelöscht und als Teig gemessen, verarbeitet: einige Tage nach dem Zerfallen.	1 Jahr nach dem Zerfallen.	Gewöhnlicher Sand.	Ziegelmehl.	Relative Festigkeit nach einem Jahre.
Gemeiner mittlerer Kalk Nr. 11. Versuch 1.	2,00		1,00	1,00	69
— — — 2.	2,00		—	2,00	90
— — — 3.	—	2,00	1,00	1,00	94
— — — 4.	—	2,00	—	2,00	138
Gemeiner mittlerer Kalk Nr. 14. Versuch 1.	1,33	—	1,00	1,00	59
— — — 2.	1,33	—	—	2,00	90
— — — 3.	—	1,33	1,00	1,00	82
— — — 4.	—	1,33	—	2,00	236

Diese Thatsachen, die zu einleuchtend sind, um geleugnet zu werden, beweisen, daß man die Sache unrichtig erklärt, wenn man sagt, der an der Luft zerfallne Kalk tauge nichts, weil er schnell die Kohlensäure aus der Luft an sich ziehe.

Sechstes Kapitel.

Einfluß des Mischungsverhältnisses auf die Festigkeit der gewöhnlichen Mauermörtel.

Ich wiederhole hier die schon oben gemachte Bemerkung, daß man aus den nachstehenden Beobachtungen keine allgemeinen Folgerungen ziehen muß, da jede Kalkart in dieser Hinsicht eigenthümliche Erscheinungen darbietet. Mein Zweck ist blos, eine Idee von den Schwierigkeiten zu geben, die bei solchen Versuchen eintreten, wenn sie nicht sehr zahlreich, oder wenn sie nur unter gewissen Umständen angestellt werden.

Tabelle XIX. enthält die Resultate für die mit Erde bedeckten Mörtel. Diese Mörtel waren nach 20 Monaten erstarrt, aber nicht erhärtet. Ich habe daher auch bei Prüfung derselben große Vorsicht anwenden müssen. Die erste Spalte bezieht sich auf das gewöhnliche Löschungsverfahren. Die Festigkeit nimmt immer mehr ab, vom fettesten bis zum magersten Mörtel. Es findet hier also dasselbe Gesetz statt, wie bei jeder blos bindenden Substanz, die keine chemische Wirkung auf die ihr beigemischten Körper ausübt. Die Festigkeit für das zweite und dritte Verfahren war etwas mehr als doppelt so groß als bei dem ersten; auch folgt sie schon einem andern Gesetz, denn sie nimmt bis Nr. 23. zu und scheint dann abzunehmen.

Die auf Tabelle XX. verzeichneten Mörtel hatten 20 Monate auf einem Speicher gelegen. Die erste Spalte scheint sich ziemlich wie bei der vorigen Tabelle zu verhalten. Genau genommen indeß nimmt die Festigkeit bis Nr. 5. zu und dann fortwährend ab. Die zweite und dritte Spalte zeigen ebenfalls anfangs eine zunehmende, dann eine abnehmende Festigkeit; die größten Werthe finden sich in der einen Spalte beim 9ten, und in der andern beim 12ten Versuch.

Endlich nimmt für die Mörtel, die jeder Witterung ausgesetzt waren (Tabelle XXI.), die Festigkeit in allen drei Spalten ziemlich gleichförmig zu, und dann wieder ab; die größten Werthe derselben fallen zwischen Nr. 18. und Nr. 20.

Die Mörtel auf Tabelle XIX. waren noch zu wenig erhärtet, um schließen zu können, welche Festigkeit sie in der Folge würden erhalten haben; aber aus Tabelle XX. und XXI. läßt sich folgern, daß das beste Mischungsverhältniß sich sowohl nach der Löschungsart des Kalks, als nach dem Ort richtet, wo der Mörtel in Anwendung kommt.

So würde man z. B. für den Kalk Nr. 11. folgende Mischungen wählen müssen:

Bei einer Mauer, die beständig gedeckt und vor Feuchtigkeit und Regen geschützt ist:	Mischungsverhältniß		Relative Festigkeit der Mischung.
	Kalk als Teig gemessen.	gewöhnlicher Sand.	
Unter Anwendung des ersten Löschungsverfahrens	1,00	0,90	150
— zweiten —	1,00	1,30	189
— dritten —	1,00	1,90	219
und bei einer Mauer, die jeder Witterung ausgesetzt wäre:			
Unter Anwendung des ersten Löschungsverfahrens	1,00	2,40	151
— zweiten —	1,00	2,20	240
— dritten —	1,00	2,20	276

Dies Beispiel zeigt die Unzulänglichkeit der allgemeinen Vorschriften, die man in den Lehrbüchern der Baukunst findet, und die oft ohne Auswahl angewandt werden. Außerdem zeigt diese Uebersicht, daß die Festigkeit sich desto mehr nach dem Tabelle XV. für blos bindende Substanzen gefundenem Gesetz richtet, je hinderlicher die örtlichen Umstände einer chemischen Wechselwirkung der Bestandtheile des Mörtels auf einander gewesen sind. So paßt die geringste Quantität Sand für den Mörtel am besten, der auf einem Speicher schnell getrocknet und nie angefeuchtet worden ist;

dagegen die größte Quantität für diejenigen Mischungen von Kalk und Sand, die, durch Thau und Regen häufig genetzt, stets der Luft ausgesetzt, leichter Gelegenheit gehabt haben, theils chemisch auf einander zu wirken, theils Kohlensäure aus der Luft an sich zu ziehen.

Rondelet irrt sich auch sehr, wenn er glaubt, in gewöhnlichen Mauern mit sehr magerm Mörtel, der aus einer geringen Quantität fetten Kalks und gewöhnlichem Sande bereitet ist, dieselben Resultate als mit hydraulischen Kalken zu erhalten; denn die größten Resultate der Tabelle XX. z. B. sind um die Hälfte oder zwei Drittheile geringer, als die Resultate Tabelle XVIII. für die Kalkarten Nr. 1. 2 a. 2 b. 3. und 4., ungeachtet es für diese letztern vielleicht noch vortheilhaftere Mischungen gab, als die hier angenommenen, und ungeachtet die erstern Mörtel (Tabelle XX.) weit älter waren.

Siebentes Kapitel.

Einfluß der Bearbeitung des Mörtels.

Der englische Reisende Shaw erzählt, daß die Maurer an den Küsten der Barbarei ihren Mörtel drei Tage und drei Nächte unaufhörlich umrühren, und daß er dadurch sehr gut wird. Rondelet versichert auch, daß der Mörtel durch fleißiges Durcharbeiten sehr gewinne, aber er giebt nicht an, um wie viel dies Verfahren den Mörtel verbessere. Da ich selbst zu wissen wünschte, welchen Einfluß ein lang fortgesetztes Durcharbeiten haben würde, so ließ ich eine Mischung von 2 Theilen Quarzsand und einem Theil Kalk Nr. 11. (gewöhnlich gelöscht und als Teig gemessen) beinahe 4 Tage unaufhörlich in einem eisernen Mörser mit einem eisernen Stampfer schlagen. Diese Mischung erhielt aber zuletzt eine sehr merkliche bläuliche Farbe durch die Eisentheile, die beim Stampfen losgerissen wurden, und ich ließ daher die Operation mit einer neuen Mischung, in einem hölzernen Kasten mit hölzernen Stampfern, nochmals anfangen, bildete hierauf aus dem Mörtel mehrere viereckige Stücke, und legte einige davon in frischen Boden, andere an die freie Luft, aber bedeckt; noch andere endlich ganz frei an die Luft, jeder Witterung ausgesetzt. Diese Mörtelproben wurden nach 20 Monaten geprüft und gaben, verglichen mit den correspondirenden Mörteln, die in Tabelle XIX. XX. und XXI. mit Nr. 16. bezeichnet sind, die in Tabelle XXII. enthaltenen Resultate.

Die Versuche 3. 4. 5. und 6. zeigen, daß dies anhaltende Durcharbeiten für die der Luft ausgesetzten Mörtel ohne Erfolg ist; aber die Versuche 1. und 2. sind bemerkenswerth, denn sie geben die Festigkeit zweier ganz gleichen und auf gleiche Weise bereiteten Mörtel, bei denen der einzige Unterschied Statt findet, daß der erstere viel länger durchgearbeitet worden ist, als der letztere, wie 1000 : 19.

Die Farbe und die Feinheit des lange geschlagenen Mörtels zeigen, daß ein Theil des Sandes durch die fortwährende Reibung in Staub verwandelt worden ist. Sollte nun daraus folgen, daß die chemische Wirkung gemeiner Kalke auf den Quarz sich mittelst einer beständigen Feuchtigkeit in kurzer Zeit äußern kann, wenn der Sand bis zur Feinheit des Staubes zerrieben ist? oder sollte der geringe Antheil Basalt im Sande der Dordogne, in dem angeführten Versuch jene Wirkung hervorgebracht haben? Ich wage nichts darüber zu entscheiden. Uebrigens sieht man leicht, daß die Beantwortung dieser Frage von wenig Nutzen für den Gebrauch im Großen ist, weil das Schlagen des

Kalkes immer kostspieliger seyn würde, als die Anwendung von Cementen oder die Anfertigung künstlicher hydraulischer Kalke.

Achtes Kapitel.

Einfluß der Witterung.

Der gewöhnliche Wechsel der Witterung in den Jahreszeiten, wo kein Frost zu befürchten, ist, wie wir in Tafel XXI. sehen, dem der freien Luft ausgesetzten Mörtel keineswegs nachtheilig, sondern vielmehr zuträglich, wenn das Mischungsverhältniß des Kalks nicht gewisse Grenzen überschreitet, die für jede Löschungsart verschieden sind, und die in dem uns vorliegenden Fall eher magere als fette Mörtel geben. Auch wird die Allgemeinheit dieser Behauptung durch die Mauern bestätigt, die seit Jahrhunderten jeder Witterung ausgesetzt waren, in Vergleich mit Mauern, die stets gedeckt standen. Diejenigen, die den Mörtel antiker Ruinen untersucht haben, fanden stets, daß die jeder Witterung ausgesetzten Theile bei weitem diejenigen übertrafen, die davor geschützt gewesen waren. Selbst der Frost unsers Klimas (mittlere Frankreich) scheint in gewissen Fällen ohne nachtheiligen Einfluß zu seyn. In andern Fällen löset er den Mörtel in Staub auf.

Man hat immer geglaubt, daß die Steine, die nicht porös sind und kein Wasser einsaugen, dem Frost am besten widerstehen; man findet aber alle Tage das Gegentheil; denn eine Menge Sand und Kalksteine, die das Wasser nicht blos einsaugen, sondern durchlassen, widerstehen der größten Kälte, während gewisse harte, dichte Steine mit glasartigem Bruch durch die Wirkung derselben in Stücke springen.

Man kann sich diese Erscheinung am besten dadurch erklären, daß der Frost nur dann nachtheilig wirkt, wenn das Wasser röhrenförmige oder spaltenartige Oeffnungen findet. Sind die Poren des Steines aber gleichförmig vertheilt in der Masse, so hebt der Druck des Eises aller kleinen Oeffnungen sich wechselseitig auf, und blos an der Oberfläche würde er sich äußern, wenn dort das Eis keinen Ausweg fände. In diesem Fall blättert sich der Stein an der Oberfläche nach und nach immer mehr ab. Dieser Umstand tritt ein bei fetten Mörteln, ungebrannten Ziegeln, Piseewänden ꝛc. Indessen hängt dieser Einfluß des Frostes auf die Oberfläche auch sehr von der Festigkeit oder Zähigkeit ab. So habe ich fetten Mörtel von hydraulischem Kalk gesehen, der dem Frost sehr gut widerstand, während Mörtel von gemeinem Kalk, bei einem und demselben Mischungsverhältniß mit dem vorigen, durch den Frost aus einander fiel. Es wäre sehr lehrreich, wenn man für jede Kalkart Versuche anstellte, um zu sehen, welche Quantität Sand am geeignetsten ist, die Wirkung des Frostes unschädlich zu machen. Ich habe in dieser Hinsicht blos den Kalk Nr. 11. versucht, und folgendes Minimum gewöhnlichen Sandes gefunden, um den Frost des nächsten Winters unschädlich zu machen, wenn der Mörtel im Frühjahr bereitet und jeder Witterung ausgesetzt ist.

Für 1,00	Theile Kalk,	gewöhnlich gelöscht, und als Teig gemessen,		2,20	Theile	Sand;
— 1,00	—	durch Eintauchung gelöscht,	— —	1,60	—	—
— 1,00	—	an der Luft gelöscht,	— —	2,40	—	—

Je mehr man Sand beimischt, als die hier angegebne Menge beträgt, desto besser widersteht der Mörtel

dem Frost. Sollte die Größe der Sandkörner hierauf auch einigen Einfluß haben? Dies bleibt noch zu untersuchen.

Neuntes Kapitel.

Wirkung der Zeit.

Wenn, wie die Maurer zu sagen pflegen, der Mörtel mit 30 Jahren noch jung ist, was soll man von den Probestücken denken, die zu meinen Versuchen gedient haben? Ist es nicht wahrscheinlich, daß alle meine Beobachtungen nur für das Alter von 20 bis 23 Monaten wahr sind, da alle von mir bereiteten Mörtel nur dieses Alter hatten, als ich sie prüfte; und daß nach Verlauf von Jahrhunderten die Verhältnisse, die ich gefunden habe, gänzlich verändert oder umgekehrt seyn werden? Es ist wichtig, daß ich zur Widerlegung dieser Einwürfe etwas anführe. Ich wage nicht zu bestimmen, in welchem Alter der Mörtel das Maximum seiner Festigkeit erlangt; es wirken hierbei so viel Ursachen mit, daß ich es für äußerst schwierig halte, diese Aufgabe vollständig und gehörig aufzulösen. Indeß will ich hierzu einige Andeutungen geben.

Rondelet hat im October 1787 mittelst einer Maschine zum Zerdrücken der Steine gefunden, daß der Widerstand eines Würfels gewöhnlichen Mörtels von gemeinem Kalk, 18 Monate alt, 255 war. Er wiederholte den Versuch im August 1802, und fand den Widerstand desselben Mörtels 286. Also hatte die Festigkeit des Mörtels in fast 16 Jahren nur um $\frac{12}{100}$ zugenommen, und da der Zuwachs derselben in den letzten Jahren ohne Zweifel geringer war, als in den ersten, so würde mehrere Jahre später das Resultat ohne Zweifel nicht viel größer gewesen seyn.

Ich habe selbst mehrere Mörtel des Mittelalters und andere aus spätern Zeiten mit Mörtelstücken verglichen, die 12 bis 20 Monate alt und mit jenen aus denselben Kalkarten bereitet waren (Tabelle XXIII.), und die Festigkeit der ältern bald größer, bald kleiner gefunden als der jüngern, welches offenbar blos von den verschiedenen Mischungsverhältnissen herrührt.

Dies beweiset, daß Mörtelstücke von kleinem Volumen, der Luft ausgesetzt, in kurzer Zeit einen Grad von Festigkeit erlangen, der dem Maximum derselben, welches sie zu erreichen im Stande sind, sehr nahe kommt, und dies rührt ohne Zweifel von der schnellen Austrocknung und von der Aufnahme der Kohlensäure her, die in kleinen Stücken nothwendig schneller vor sich geht, als in neuen Mauern, ohne daß deswegen, wenn diese Austrocknung nur stufenweise erfolgt, für die Festigkeit des Mörtels die Nachtheile einträten, die, wie wir oben gesehen haben, mit einer zu schnellen Austrocknung verbunden sind.

Zehntes Kapitel.

Von den Mörteln der Alten, in Vergleich mit den Mörteln des Mittelalters, und den Mörteln der neuern Zeiten.

Unsere Vorfahren haben uns eine Menge Baudenkmäler hinterlassen, die unwidersprechlich beweisen, daß, wenn sie auch nicht immer die Regeln der guten Baukunst um Rath fragten, die Kunst, einen guten Mörtel zu bereiten, dadurch nichts verlor. Noch vor einigen Jahren konnte man in

Algen am Gravier-Thor die Ueberreste einer Brücke sehen, die man wegen der Festigkeit des Mörtels für antik hielt. Und doch fand es sich, daß sie erst 1189 gebaut war.

Der Mörtel der Brücke von Valentré bei Cahors, die im Jahr 1400 erbaut wurde, ist in Hinsicht der Eigenschaften des Kalks, des Mischungsverhältnisses und der Feinheit des Sandes ganz dem Mörtel eines alten Theaters ähnlich, dessen Ruinen eben daselbst, 500 bis 600 Schritt vom Fluß entfernt, zu sehen sind. Oft wiederholte Versuche gaben mir für die Festigkeit des antiken Mörtels 183, und für den andern 189. (Tabelle XXIII. und XXIV.)

Man könnte diese Beispiele vervielfältigen. Meine eigenen Erfahrungen über den Gebrauch der künstlichen hydraulischen Kalke beweisen übrigens, daß man in kurzer Zeit, ohne Hilfe der Cemente, Mörtel erhalten kann, der wenigstens eben so fest ist, als der beste römische Mörtel.

Man hat sich oft über die Dauer antiker Monumente gewundert, und die Ursache davon blos dem Mörtel zugeschrieben, ohne Rücksicht auf die Form und Dicke der Mauern, auf die Güte und Verbindung der Steine &c. zu nehmen. Oft haben die Steine den Mörtel gehalten, besonders wenn die äußern Flächen der Mauern mit großen Quadern bekleidet sind, wie im Amphitheater zu Nismes, an der Brücke über den Gard &c.

Man darf übrigens nicht glauben, daß alle römischen Gebäude eben so sorgfältig behandelt wurden, als die noch jetzt vorhandenen Ueberreste. Plinius erzählt vielmehr, daß die gewöhnlichen Bürgerhäuser wegen schlechten Mörtels einfielen. (Buch XXXVI.)

Außerdem giebt es nur ein Mittel, über die antiken Mörtel ein richtiges Urtheil zu fällen, nämlich, den Widerstand derselben zu messen, wie ich es Tabelle XXIV., und Rondelet für einige Mörtelstücke aus Italien gethan hat. Meine Versuche ergeben, daß keineswegs, wie Rondelet behauptet, der römische Mörtel überall gleich gut sey, und daß daher die Zeit nicht allein die Ursache seiner Festigkeit ist. Auch findet man, daß er nicht durchgängig Pozzolanerde oder Cement enthält, und daher auch diese Substanzen nicht, wie Faujas de St. Fond meint, die ausschließliche Ursache ihrer Härte sind.

Wenn man im Allgemeinen die Resultate meiner Tabellen übersieht, so findet man die Festigkeit der verschiedenen Mörtelarten zu sehr von einander abweichend, um bei Berechnungen, wo es auf diese Festigkeit ankommt, für dieselbe eine mittlere Zahl annehmen zu können. Ich will die Mörtel daher in dieser Hinsicht in drei Klassen theilen.

Die erste Klasse enthält diejenigen, deren Festigkeit 300 bis 500 Hektogramme auf 0,04 Meter Breite, 0,025 M. Höhe der Bruchfläche und 0,03 M. Entfernung des Aufhängepunkts des Gewichts von der Bruchfläche beträgt. Sie entspricht im Mittel einem Widerstand gegen eine Kraft, die den Mörtel zerreißen will, der auf einen Quadrat-Centimenter 9,60 Kilogramme beträgt. (Man findet den letztern Widerstand, wenn man den erstern mit 0,024 multiplicirt.) Zu dieser Klasse gehören alle Mörtel von natürlichem oder künstlichem sehr hydraulischem Kalk und Quarzsand, wenn sie zweckmäßig bereitet sind, d. h. wenn dabei ein zweckmäßiges Löschungsverfahren und Mischungsverhältniß beobachtet worden ist.

Die zweite Klasse enthält diejenigen, die in meinen Versuchen dem Zerbrechen 200 bis 300 Hektogramme Widerstand entgegensetzten, und daher dem Zerreißen im Mittel auf jeden Quadrat-

Centimeter mit einer Kraft von 6,00 Kilogrammen widerstehen würden. Hierzu gehören alle gut bereiteten Mörtel von natürlichem oder künstlichem, gewöhnlichem hydraulischen Kalk, mit Quarzsand.

Die dritte Klasse enthält diejenigen, die in meinen Versuchen dem Zerbrechen 100 bis 200 Hektogramme Widerstand leisteten, also dem Zerreißen auf jeden Quadrat-Centimeter im Mittel 3,60 Kilogramme Kraft entgegensetzen würden. Hierzu gehören alle gut bereiteten Mörtel von gemeinem, mittlerm oder fettem Kalk, mit Quarzsand.

Man sieht aus Tabelle XXIV., daß die antiken Mörtel fast alle in die zweite und dritte Klasse gehören.

Was die Mischung von gemeinem und gewöhnlich gelöschtem Kalk mit Quarzsand betrifft, die von den Maurern gewöhnlich als Mörtel verarbeitet wird, so kann man ihn eigentlich nicht als Mörtel ansehen. Er würde dem Zerreißen nicht über 1,50 Kilogramme Widerstand entgegensetzen.

Die Grenzen des Widerstandes gegen das Zerreißen für gut bereiteten Mörtel liegen also ungefähr zwischen 12,00 und 2,40 Kilogrammen. Für die Mauersteine würden dieselben Grenzen ungefähr zwischen 77,06 und 20,40 Kilogramme fallen, wenn man den Basalt von Auvergne als das härteste, und die zur Außenseite der Mauern noch brauchbaren Kalksteine als das weichste Material annimmt. (Die kreideartigen Steine, die in Paris gebraucht werden, sind indessen nicht so fest.) Man darf daher durchaus nicht den Schriftstellern aufs Wort glauben, die aus Kalk mit Pozzolanen oder Cementen und mit Sand künstliche Steine bereiten wollen, die eben so hart seyn sollen, als Kieselsteine.

Uebersichtstabellen der Versuche.

Vorerinnerungen.

Die Zahlen, welche in Tabelle I. und II. die relative Härte ausdrücken, sind unter sich vergleichbar; sie sind indeß bloße Verhältnißzahlen, und zwar umgekehrt den Tiefen der Löcher eines Bohrers proportional.

Die Zahlen, die in den Tabellen IV. bis XIII. die relative Festigkeit ausdrücken, sind ebenfalls unter sich vergleichbar; sie sind indeß auch nur Verhältnißzahlen, und zwar umgekehrt den Quadraten der Tiefe der Löcher proportional, die mit der auf Kupfertafel II. abgebildeten Maschine bewirkt wurden.

Die Zahlen, die den relativen Widerstand in den Tabellen II. und XV. bis XXV. ausdrücken, sind auch unter sich vergleichbar. Sie drücken in Hektogrammen das Gewicht aus, unter dem ein viereckiges Prisma von 0,04 Meter Breite und 0,025 Meter Höhe bricht, wenn es horizontal befestigt ist, und die Entfernung der Bruchfläche von dem Aufhängepunkt des Gewichts 0,03 Meter beträgt, (S. Kupfertafel I.) Wenn man diese Zahlen mit 0,1755 multiplicirt, so drücken sie in preußischen Pfunden das Gewicht aus, unter welchem derselbe Mörtel bei einem preußischen Zoll Höhe und einem preußischen Zoll Breite der Bruchfläche, und einem preußischen Zoll Entfernung derselben vom Aufhängepunkt des Gewichts, gebrochen seyn würde.

Die Buchstaben O. I. S. bezeichnen die gewöhnliche Löschungsart, die Löschung durch Eintauchung und die natürliche Löschung an der Luft. Die mit Nullen ausgedrückten Resultate zeigen an, daß der Mörtel noch weich war, als er der Prüfung unterworfen wurde. Wo kein Resultat angegeben ist, wurde die Prüfung des Mörtels gar nicht angestellt.

Tabelle I. Vergleichung der verschiedenen Kalkarten, die bei den Versuchen gebraucht worden sind.

Nummer.	Fundort.	Hauptkennzeichen des Kalksteins				Hauptkennzeichen des daraus gebrannten Kalkes.			Beschaffenheit des Kalkes.
		Farbe.	Bruch.	Relative Härte.	Specifische Schwere.	Farbe vor dem Löschen.	Farbe nach dem Löschen.	Ein Kilogramm Kalk ist im Stande an Wasser aufzunehmen.	
1.	Montelimart; man nennt ihn Stein von Serdeparc.	Aschgrau mit schmutziggelben Streifen.	Unregelmäßig und matt.	0,26	2,367	Etwas schmutzigweiß.	Schmutzigweiß.	1,18	Sehr mager und vorzüglich hydraulisch.
2.	Ockerhaltiger Stalactit aus der Gegend von Souillac.	Gelb wie Pfefferkuchen.	Unregelmäßig und glänzend.	0,17	2,419	Wie trockner Gänsekoth.	Wie Gänsekoth, etwas gelblich.	1,45	Sehr mager und vorzüglich hydraulisch.
2 b.	Viviers in der Landschaft Vivarais.	Schmutzigweiß.	Unregelmäßig und matt.	0,15	2,540	Schmutzigweiß.	Schmutzigweiß.	1,55	Sehr mager und vorzüglich hydraulisch.
3.	Gegend von Nismes.	Schmutzigweiß.	Unregelmäßig und glänzend.	1,00	2,500	Sehr schmutzigweiß.	Sehr schmutzigweiß.	1,67	Sehr mager und vorzüglich hydraulisch.
4.	Labourgade bei Montauban.	Ziemlich reines Weiß.	Unregelmäßig wie Mergel.	0,09	2,060	Erdig wie ungebrannter Ziegel.	Etwas dunkler Glaserkitt.	1,76	Sehr mager und vorzüglich hydraulisch.
5.	Stein von den Felsen bei Perigueux.	Schmutzigweiß.	Unregelmäßig, körnig und matt.	0,09	2,240	Schmutzigweiß.	Bläulichgrau.	1,96	Mager und hydraulisch.
6.	Ufer der Rhone; man nennt ihn Stein von Chouin.	Rothgrau.	Unregelmäßig mit glänzenden Punkten.	1,00	2,651	Etwas fahl.	Schmutzigweiß.	2,43	Von mittlerer Fettigkeit und hydraulisch.
7.	St. Céré; Lotdepartement.	Hellkaffeebraun.	Schieferartig mit Dendriten.	0,77	2,653	Dunkelschmutziggelb.	Wie dunkler Glaserkitt.	2,46	Von mittlerer Fettigkeit und hydraulisch.
8.	Cabessut in Cahors.	Rothgrau.	Blättrig.	0,70	2,573	Fahl, ins Blaßgrüne spielend.	Wie Glaserkitt.	2,46	Von mittlerer Fettigkeit und hydraulisch.
9.	St. Georges in Cahors.	Bläulichgrau.	Blättrig.	0,59	2,625	Wie Glaserkitt.	Wie Glaserkitt.	2,49	Von mittlerer Fettigkeit u. etwas hydraulisch.
10.	Rabot bei Grenoble.	Schwarzgrau.	Blättrig.	2,00	2,692	Milchweiß.	Sehr weiß.	2,63	Fetter gemeiner Kalk.
11.	Souillac, Lotdepartement.	Schmutzigweiß.	Blättrig.	1,00	2,653	Milchweiß.	Milchweiß.	2,68	Fetter gemeiner Kalk.
12.	Umgegend von Perigueux.	—	—	—	—	Weiß.	Sehr weiß.	3,13	Sehr fetter gemeiner Kalk.
13.	Loupiac, Lotdepartement.	Weiß.	Unregelmäßig mit glänzenden Punkten.	0,15	2,462	Sehr weiß.	Sehr weiß.	3,15	Sehr fetter, gemeiner Kalk.
14.	Lanzac, Lotdepartement.	Schmutzigweiß.	Unregelmäßig mit glänzenden Ecken.	0,66	2,532	Sehr weiß.	Sehr weiß.	3,57	Vorzüglich fetter gemeiner Kalk.
15.	Calviac an der Dordogne.	Fahlgelb.	Körnig.	0,08	1,986	Aschgrau.	Sehr schmutzigweiß.	1,44	Sehr magerer gemeiner Kalk.

Tabelle II. Vergleichung der Härte und Festigkeit verschiedener Mischungen von Kalk und Wasser.

Benennung.		Relative Festigkeit der Mischungen		Relative Härte der Mischungen		Specifische Schwere der Mischungen		Specifische Schwere des Kalksteins ehe er gebrannt.	Relative Härte des Kalksteins ehe er gebrannt.
		als trocknes Hydrat.	ein Jahr alt.	als trocknes Hydrat.	ein Jahr alt.	als trocknes Hydrat.	ein Jahr alt.		
Sehr magerer, vorzüglich hydraulischer farbiger Kalk Nr. 4.	Erste Löschungsart	45	193	0,034	0,054	1,172	1,212	2,060	0,096
	Zweite —	17	174	0,029	0,049	1,202	1,252		
	Dritte —	05	172	0,024	0,025	1,042	1,153		
Mittlerer hydraulischer farbiger Kalk Nr. 7.	Erste Löschungsart	80	245	0,048	0,080	1,193	1,227	2,653	0,770
	Zweite —	45	152	0,040	0,075	1,157	1,183		
	Dritte —	20	150	0,036	0,037	1,063	1,170		
Mittlerer hydraulischer farbiger Kalk Nr. 8.	Erste Löschungsart	90	262	0,051	0,090	1,183	1,222	2,573	0,700
	Zweite —	37	132	0,049	0,110	1,233	1,275		
	Dritte —	13	180	0,040	0,040	1,096	1,212		
Sehr magerer, vorzüglich hydraulischer fast weißer Kalk Nr. 1.	Erste Löschungsart	115	283	0,067	0,100	1,342	1,432	2,367	0,363
	Zweite —	46	220	0,064	0,092	1,253	1,348		
	Dritte —	38	226	0,042	0,050	1,100	1,127		
Sehr magerer, vorzüglich hydraulischer fast weißer Kalk Nr. 3.	Erste Löschungsart	102	262	0,044	0,110	1,304	1,462	2,500	1,000
	Zweite —	50	198	0,041	0,082	1,236	1,253		
	Dritte —	45	199	0,037	0,070	1,104	1,122		
Fetter, gemeiner, sehr weißer Kalk Nr. 11.	Erste Löschungsart	103	280	0,121	0,200	1,554	1,656	2,653	1,000
	Zweite —	13	112	0,033	0,050	1,114	1,145		
	Dritte —	30	154	0,039	0,050	1,029	1,043		
Sehr fetter, gemeiner, sehr weißer Kalk Nr. 13.	Erste Löschungsart	274	380	0,222	0,500	1,611	2,008	2,462	0,154
	Zweite —	40	345	0,060	0,170	1,007	1,354		
	Dritte —	180	370	0,083	0,250	1,385	1,410		
Vorzüglich fetter, gemeiner, sehr weißer Kalk Nr. 14.	Erste Löschungsart	369	363	0,166	0,500	1,493	2,621	2,532	0,666
	Zweite —	81	276	0,121	0,160	1,136	1,500		
	Dritte —	301	400	0,133	0,200	1,572	1,654		

Tabelle III. Verhältniß des Widerstandes verschiedener Mischungen gegen eine lebendige und eine todte Kraft.

Benennung.	Gewicht, unter welchem das Mörtelstück bricht bei 0,04 M. Breite, 0,025 M. Höhe der Bruchfläche u. 0,03 M. Entfernung des Gewicht von derselben.	Tiefe, in die eine Stahlspitze eindringt nach einer bestimmten Anzahl gleichförmiger Stöße.	Diese Tiefe würde betragen, wenn die Quadrate dieser Tiefen umgekehrt den Zahlen der ersten Spalte proportionirt wären.
	Hektogram.	Meter.	Meter.
1. Gipsprisma, ein Jahr alt	612,0	0,00575	0,00558
2. Prisma von sehr feiner Ockererde, ein Jahr alt	170,0	0,01060	0,01060
3. Gewöhnlicher ungebrannter Ziegel, zwei Jahr alt	166,5	0,01150	0,01070
4. Ziegel, einmal gebrannt	543,6	0,00500	0,00593
5. Prisma von Kalk, von Souillac, ein Jahr alt	222,6	0 00700	0,00926
6. Prisma von Kalk, von Calviac, ein Jahr alt	161,3	0,01100	0,01090
7. Mörtel von hydraulischem Kalk und Granitsand, 21 Monat alt.	320,0	0,00760	0,00773
8. Anderer Mörtel von hydraulischem Kalk und Granitsand, 21 Monat alt	470,0	0,00550	0,00634
9. Mörtel von gemeinem Kalk und Granitsand, 21 Monat alt . .	163,4	0,00970	0,01081
Mittelzahlen	294,9	0,00818	0,00865

Tabelle IV. Hydraulische Mörtel von verschiedenen Kalkarten, verglichen in Hinsicht des Grades der Calcination der zu ihrer Anfertigung gebrauchten künstlichen Cemente.

Mischungsverhältniß. Kalk durch Eintauchung gelöscht und als Staub gemessen.	Granitsand.	Gewöhnlich Ziegelmehl.	Cement.	Anzahl Tage, nach welchen der Mörtel eine Stahlspitze von bestimmtem Gewicht ohne merklichen Eindruck trug, wenn der Mörtel bereitet war aus: Hydraulischem Kalk Nr. 8.	Gemeinem fetten Kalk Nr. 11.	Gemeinem sehr fetten Kalk Nr. 13.	Gemeinem magern Kalk Nr. 15.	Relativer Widerstand der Mörtelproben, ein Jahr alt, wenn sie bereitet waren aus: Hydraulischem Kalk Nr. 8.	Gemeinem fetten Kalk Nr. 11.	Gemeinem sehr fetten Kalk Nr. 13.	Gemeinem magern Kalk Nr. 15.	Mittlerer relativer Widerstand.
2,70	1,00	—	1,00 Mehl von braunem Thon, gebrannt wie gewöhnlicher Ziegel	7	2	17	4	69	75	64	90	74
2,70	1,00	—	1,00 Mehl von braunem Thon, stärker gebrannt	16	2,6	415	32	41	47	19	44	38
2,70	1,00	—	1,00 Mehl von braunem Thon, gebrannt bis es anfing sich zu verglasen	43	2,8	—	51	30	26	11	30	24
2,70	—	1,00	1,00 Steinkohlen bei gewöhnlichem Schmiedefeuer zu Schlacke gebrannt	7	2	52	65	138	64	69	59	82
2,70	—	1,00	1,00 Steinkohlen bei langsamen Feuer zu einer schwarzen schwammigen Masse gebrannt .	24	13	200	12	44	69	11	82	52
2,70	—	1,00	1,00 Steinkohlen bei langsamen Feuer zu Asche gebrannt	1	10	3	12	156	100	110	90	114
2,70	1,00	—	1,00 Blauer Schiefer, wie gewöhnlicher Ziegel gebrannt	12	25	201	139	51	20	9	36	29
2,70	1,00	—	1,00 Blauer Schiefer, gebrannt, bis er aus einander berstet	6	41	120	128	156	51	30	75	78
2,70	1,00	—	1,00 Basalt, gebrannt wie gewöhnlicher Ziegel	24	149	—	108	82	39	2	90	53
2,70	1,00	—	1,00 Basalt, gebrannt bis zum Schmelzen . .	28	119	—	78	123	75	16	100	78
2,70	1,00	—	1,00 Eisenhaltiaer Sandstein, wie gewöhnlicher Ziegel gebrannt	29	89	—	116	69	18	12	25	31
2,70	1,00	—	1,00 Eisenhaltiger Sandstein, gebrannt bis zum Schmelzen	25	—	—	—	44	6	6	26	20

Tabelle V. Hydraulischer Mörtel, verglichen in Hinsicht der Kalkmenge, die er enthält.

Mischungsverhältniß. Kalk durch Eintauchung gelöscht und als Kalkstaub gemessen.	Granitsand.	Ziegelmehl.	Anzahl Tage, nach welchen der Mörtel ohne Eindruck eine Stahlspitze von bestimmtem Gewicht trug, wenn der Mörtel bereitet war aus: Gemeinem sehr fetten Kalk Nr. 13.	Hydraulischem mittlern Kalk Nr. 8.	Relativer Widerstand des Mörtels, nachdem er ein Jahr im Wasser gelegen, wenn er bereitet war von: Gemeinem sehr fetten Kalk Nr. 13.	Hydraulischem mittlern Kalk Nr. 8.
2,70	1,00	1,00	19	17	10	39
2,00	1,00	1,00	16	16	51	69
1,50	1,00	1,00	18	12	57	69
1,00	1,00	1,00	8	8	100	90
0,50	1,00	1,00	9	12	82	61
2,70	—	2,00	8	12	100	115
2,00	—	2,00	8	12	150	120
1,50	—	2,00	7	10	236	123
1,00	—	2,00	6	8	277	138
0,50	—	2,00	6	10	110	123

Tabelle VI. Hydraulische Mörtel von gemeinem weißen sehr fetten Kalk Nr. 14., verglichen in Hinsicht der Löschungsart.

Mischungsverhältniß.				Anzahl Tage, nach welchen der Mörtel eine Stahlspitze von bestimmtem Gewicht ohne Eindruck trug.			Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er ein Jahr im Wasser gelegen.			Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er 18 Monate im Wasser gelegen.		
Kalk als Teig gemessen.	Granitsand.	Rothes Ziegelmehl.	Ziegelmehl von braunem gewöhnlich gebrannten Thon.	Wenn der Kalk nach dem ersten Verfahren gelöscht war.	Dito nach dem zweiten	Dito nach dem dritten.	Wenn der Kalk nach dem ersten Verfahren gelöscht war.	Dito nach dem zweiten.	Dito nach dem dritten	Wenn der Kalk nach dem ersten Verfahren gelöscht war.	Dito nach dem zweiten.	Dito nach dem dritten.
				O.	I.	S.	O.	I.	S.	O.	I.	S.
2,00	100	100	—	31	101	7	11	41	59	34	44	64
1,33	—	200	—	9	17	26	36	100	90	59	156	156
2,00	100	—	100	16	7	8	25	39	54	47	82	118
1,33	—	—	200	4	4	4	82	82	90	156	156	160
1,80	200	—	—	—	—	52	00	00	5	00	00	6

Tabelle VII. Hydraulische Mörtel von farbigem mittleren hydraulischen Kalk Nr. 8., verglichen in Hinsicht der Löschungsart.

Mischungsverhältniß.							Anzahl Tage, nach welchen der Mörtel eine Stahlspitze von bestimmtem Gewicht ohne Eindruck trug, wenn der Kalk gelöscht war			Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er ein Jahr im Wasser gelegen, wenn der Kalk gelöscht war			Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er zwei Jahr im Wasser gelegen, wenn der Kalk gelöscht war			Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er drei Jahr im Wasser gelegen, wenn der Kalk gelöscht war		
Kalk als Teig gemessen.	Granitsand.	Rothes Ziegelmehl.	Blaßrothes Ziegelmehl von zitrongelbem Thon, gewöhnlich gebrannt.	Rothes Ziegelmehl von braunem Thon, gewöhnlich gebrannt.	Hammerschlag.	Steinkohlen, bei gewöhnlichem Schmiedefeuer zu Schlacke gebrannt.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.
							O.	I.	S.	O.	I.	S.	O.	I.	S.	O.	I.	S.
3,00	1,00	—	1,00	—	—	—	15	16	15	30	36	75	32	44	110	59	90	—
2,00	—	2,00	—	—	—	—	24	24	32	90	100	100	156	100	167	177	123	—
3,00	—	1,00	—	—	—	1;00	39	7	6	20	138	145	27	156	156	59	277	—
2,16	1,00	1,00	—	—	—	—	33	16	22	39	59	82	44	100	116	100	200	—
2,16	1,00	—	—	1,00	—	—	2	7	7	54	69	110	123	123	138	165	186	—
1,44	—	—	—	2,00	—	—	4	7	8	177	277	330	177	400	400	177	493	—
1,50	1,00	—	—	—	1,00	—	113	103	150	11	22	30	12	27	32	39	40	—
1,50	2,00	—	—	—	—	—	65	63	77	11	23	30	17	23	30	34	64	—

Tabelle VIII. Hydraulische Mörtel von gemeinem weißen fetten Kalk Nr. 11., verglichen in Hinsicht der Löschungsart.

Mischungsverhältniß.							Anzahl Tage, nach welchen der Mörtel eine Stahlspitze von bestimmtem Gewicht ohne Eindruck trug, wenn der Kalk gelöscht war			Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er ein Jahr im Wasser gelegen, wenn der Kalk gelöscht war			Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er zwei Jahr im Wasser gelegen, wenn der Kalk gelöscht war			Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er drei Jahr im Wasser gelegen, wenn der Kalk gelöscht war		
Kalk als Teig gemessen.	Granitsand.	Rothes Ziegelmehl.	Blaßrothes Ziegelmehl von zitrongelbem Thon, gewöhnlich gebrannt.	Rothes Ziegelmehl von braunem Thon, gewöhnlich gebrannt.	Hammerschlag.	Steinkohlen, bei gewöhnlichem Schmiedefeuer zu Schlacken gebrannt.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.
							O.	I.	S.	O.	I.	S.	O.	I.	S.	O.	I.	S.
3,00	1,00	—	1,00	—	—	—	14	2	4	29	51	90	44	59	110	90	123	—
2,00	—	2,00	—	—	—	—	73	7	31	47	82	90	90	156	156	247	400	—
3,00	—	1,00	—	—	—	1,00	321	2	12	23	64	82	39	204	236	90	236	—
2,16	1,00	1,00	—	—	—	—	73	3	37	36	44	69	39	110	95	156	204	—
2,16	1,00	—	—	1,00	—	—	3	2	3	47	75	82	47	82	100	75	181	—
1,44	—	—	—	2,00	—	—	2	1	1	82	177	204	156	177	236	272	603	—
1,50	1,00	—	—	—	1,00	—	—	—	—	00	00	00	00	00	00	00	00	—
1,35	2,00	—	—	—	—	—	—	—	—	00	00	2	3	6	14	00	00	—

Tabelle IX. Hydraulische Mörtel von gemeinem weißen sehr fetten Kalk Nr. 13., verglichen in Hinsicht der Löschungsart.

Mischungsverhältniß.							Anzahl Tage, nach welchen der Mörtel eine Stahlspitze von bestimmtem Gewicht ohne Eindruck trug, wenn der Kalk gelöscht war			Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er ein Jahr im Wasser gelegen, wenn der Kalk gelöscht war			Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er zwei Jahr im Wasser gelegen, wenn der Kalk gelöscht war			Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er drei Jahr im Wasser gelegen, wenn der Kalk gelöscht war		
Kalk als Teig gemessen.	Granitsand.	Rothes Ziegelmehl.	Blaßrothes Ziegelmehl von zitrongelbem Thon, gewöhnlich gebrannt.	Rothes Ziegelmehl von braunem Thon, gewöhnlich gebrannt.	Hammerschlag	Steinkohlen, bei gewöhnlichem Schmiedefeuer zu Schlacken gebrannt.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach drm zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.
							O.	I.	S.	O.	I.	S.	O.	I.	S.	O.	I.	S.
4,50	1,00	—	1,00	—	—	—	18	17	16	8	59	82	12	75	90	22	123	—
3,00	—	2,00	—	—	—	—	26	81	33	51	82	82	82	236	264	277	330	—
4,50	—	1,00	—	—	—	1,00	61	52	60	17	69	90	27	82	123	51	156	—
2,16	1,00	1,00	—	—	—	—	331	250	42	10	14	47	14	22	64	31	44	—
2,16	1,00	—	—	1,00	—	—	5	17	20	32	64	75	32	82	110	34	204	—
1,50	—	—	—	2,00	—	—	1	1	1	100	177	177	123	204	204	260	462	—
1,50	1,00	—	—	—	1,00	—	—	—	—	00	00	00	00	00	00	00	00	—
2,25	2,00	—	—	—	—	—	—	—	—	00	00	2	00	00	6	00	00	—

Tabelle X. Hydraulische Mörtel von gemeinem sehr magern Kalk Nr. 15., verglichen in Hinsicht der Löschungsart.

Mischungsverhältniß.							Anzahl Tage, nach welchen der Mörtel eine Stahlspitze von bestimmtem Gewicht ohne Eindruck trug, wenn der Kalk gelöscht war			Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er ein Jahr im Wasser gelegen, wenn der Kalk gelöscht war			Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er zwei Jahr im Wasser gelegen, wenn der Kalk gelöscht war			Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er drei Jahr im Wasser gelegen, wenn der Kalk gelöscht war		
Kalk als Teig gemessen.	Granitsand.	Rothes Ziegelmehl.	Blaßrothes Ziegelmehl von zitrongelbem Thon, gewöhnlich gebrannt.	Rothes Ziegelmehl von braunem Thon, gewöhnlich gebrannt.	Hammerschlag.	Steinkohlen bei gewöhnlichem Schmiedefeuer zu Schlacken gebrannt.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.	Nach dem ersten Verfahren.	Nach dem zweiten Verfahren.	Nach dem dritten Verfahren.
							O.	I.	S.	O.	I.	S.	O.	I.	S.	O.	I.	S.
2,99	1.00	—	1,00	—	—		20	3	—	26	54	—	51	59	—	82	110	—
3,22	—	2,00	—	—	—		52	70	—	69	51	100	156	123	—	400	177	—
2,99	—	1,00	—	—	—	1,00	108	65	—	22	59	—	51	82	—	138	250	—
2,40	1,00	1,00	—	—	—	—	143	37	—	14	51	75	47	54	—	110	204	—
2,40	1,00	—	—	1,00	—	—	8	4	—	54	90	—	69	138	—	123	277	—
3,20	—	—	—	2,00	—	—	4	4	—	82	110	—	90	110	—	493	625	—
3,20	1,00	—	—	—	1,00	—	—	—	—	00	00	—	00	00	—	00	00	—
3,00	2,00	—	—	—	—	—	—	—	—	00	00	—	00	00	—	00	00	—

Tabelle XI. Hydraulische Mörtel von vorzüglich hydraulischem Kalk, verglichen in Hinsicht der Löschungsart.

Mischungsverhältniß.					Anzahl Tage, nach welchen der Mörtel eine Stahlspitze von bestimmtem Gewicht ohne Eindruck trug.		Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er ein Jahr im Wasser gelegen.		Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er zwei Jahr im Wasser gelegen.		Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er drei Jahr im Wasser gelegen.	
Vorzüglich hydraulischer, sehr magerer farbiger Kalk Nr. 4, als Teig gemessen.	Vorzüglich hydraulischer weißer Kalk Nr. 2. b. u. Nr. 3, als Teig gemessen.	Granitsand.	Rothes Ziegelmehl.	Rothes Ziegelmehl von braunem Thon, gewöhnlich gebrannt.	Wenn der Kalk gelöscht war, nach dem ersten Verfahren.	dito nach dem zweiten Verfahren.	Wenn der Kalk gelöscht war, nach dem ersten Verfahren.	dito nach dem zweiten Verfahren.	Wenn der Kalk gelöscht war, nach dem ersten Verfahren.	dito nach dem zweiten Verfahren.	Wenn der Kalk gelöscht war, nach dem ersten Verfahren.	dito nach dem zweiten Verfahren.
					O.	I.	O.	I.	O.	I.	O.	I.
1,72	—	1,00	1,00	—	6	8	130	123	204	204	252	204
1,15	—	—	2,00	—	16	10	123	90	277	123	277	135
1,72	—	1,00	—	1,00	10	6	156	95	156	156	156	156
1,15	—	—	—	2,00	7	6	138	110	204	110	204	110
1,00	—	2,00	—	—	12	11	110	95	156	150	160	150
—	1,00	1,50	—	—	—	—	330	365	—	—	—	—
—	1,00	1,50	—	—	—	—	123	121	—	—	—	—

Tabelle XII. Hydraulische Mörtel von vorzüglich hydraulischem, sehr magern farbigen Kalk Nr. 2., verglichen in Hinsicht der Zunahme der Erhärtuug.

Mischungsverhältniß.				Anzahl Tage, nach welchen der Mörtel eine Stahlspitze von bestimmtem Gewicht ohne Eindruck trug.	Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er gelegen		
Kalk durch Eintauchung gelöscht, und als Staub gemessen.	Granitsand.	Ziegelmehl.	Rothes Ziegelmehl von braunem Thon, gewöhnlich gebrannt.		ein Jahr.	zwei Jahr.	drei Jahr.
3,00	1,00	1,00	—	11	156	177	236
3,00	1,00	—	1,00	4	204	204	204
3,00	—	2,00	—	6	145	152	156
3,00	—	—	2,00	3	150	156	162
2,00	2,00	—	—	16	100	156	156
3,00	2.00	—	—	11	177	245	245

Tabelle XIII. Vergleichung verschiedener Wassermörtel, hinsichtlich des wechselseitigen Einflusses der Eigenschaften des Kalkes und der übrigeu Beimischungen.

(Entnommen aus Tabelle Nr. XII. XI. VII. VIII. und IX.)

Bezeichnung.		Relativer Widerstand der Wassermörtel nach zwei Jahren, bestehend aus durch Eintauchung gelöschtem Kalk und		
		bloßem Granitsand.	halb Sand und halb ockerhaltigem gewöhnlich gebrannten Thon.	ockerhaltigem gewöhnlich gebrannten Thon.
Wassermörtel	von vorzüglich hydraulischem Kalk Nr. 2. . . .	245	204	162
dito	von vorzüglich hydraulischem Kalk Nr. 4. (der nicht ganz so gut als der vorige.)	150	156	110
dito	von mittlerem hydraulischen Kalk Nr. 8. . . .	23	123	400
dito	von gemeinem fetten Kalk Nr. 11.	6	82	177
dito	von gemeinem sehr fetten Kalk Nr. 13.	00	82	204

Tabelle XIV. Hydraulische Mörtel, verglichen in Hinsicht der Verminderung der Festigkeit ihrer Oberfläche.

Mischungsverhältniß.						Dicke der äußern weichern Theile bei zweijährigem hydraulischen Mörtel von			
Kalk auf gewöhnliche Art oder nach dem ersten Verfahren gelöscht.	Kalk durch Eintauchung oder nach dem zweiten Verfahren gelöscht.	Granitsand.	Hammerschlag.	Ziegelmehl.	Ziegelmehl von braunem Thon.	hydraulischem sehr magern Kalk Nr. 4.	hydraulischem mittlern Kalk Nr. 8.	gemeinem fetten Kalk Nr. 11.	gemeinem sehr fetten Kalk Nr. 13.
2,00	—	1,00	1,00	—	—	0,000	0,0110	0,0140	0,0180
—	2,00	1,00	1,00	—	—	0,000	0,0090	0,0100	0,0170
2,00	—	2,00	—	—	—	0,000	0,0090	0,0110	0,0180
—	2,00	2,00	—	—	—	0,000	0,0060	0,0070	0,0180
2,00	—	1,00	—	1,00	—	0,000	0,0050	0,0060	0,0090
—	2,00	1,00	—	1,00	—	0,000	0,0040	0,0060	0,0085
2,00	—	—	—	2,00	—	0,000	0,0040	0,0055	0,0070
—	2,00	—	—	2,00	—	0,000	0,0030	0,0030	0,0060
2,00	—	1,00	—	—	1,00	0,000	0,0015	0,0030	0,0050
—	2,00	1,00	—	—	1,00	0,000	0,0000	0,0025	0,0040
2,00	—	—	—	—	2,00	0,000	0,0000	0,0015	0,0020
—	2,00	—	—	—	2,00	0,000	0,0000	0,0000	0,0015

Tabelle XV. Vergleichung der Festigkeit verschiedener Mischungen, hinsichtlich der Menge und Größe des als Beimischung dienenden Materials.

Nummer der Probestücke.	Gewöhnlicher Sand.	Grober Sand.	Kies.	Sehr reine Thonerde.	Gewöhnlicher Gips.	Relative Festigkeit der Probestücke.	Bemerkungen.
1	—	—	—	1,00	—	170	
2	1,00	—	—	1,16	—	55	
3	1,00	—	—	0,96	—	42	
4	1,00	—	—	0,76	—	38	
5	1,00	—	—	0,56	—	34	
6	1,00	—	—	0,36	—	26	
7	—	1,00	—	1,16	—	13	
8	—	1,00	—	0,96	—	10	
9	—	1,00	—	0,76	—	9	
10	—	1,00	—	0,56	—	1	
11	—	1,00	—	0,36	—	0,053	
12	—	—	1,00	1,16	—	0	Diese Probestücke hielten nicht einmal das Gewicht des sehr leichten Kastens aus, in welchen der Sand geschüttet wurde.
13	—	—	1,00	0,96	—	0	
14	—	—	1,00	0,76	—	0	
15	—	—	1,00	0,56	—	0	
16	—	—	1,00	0,36	—	0	
1	—	—	—	—	1,00	612	
2	1,50	—	—	—	2,00	354	
3	1,50	—	—	—	1,00	249	
4	—	1,00	—	—	2,00	319	
5	—	1,00	—	—	1,00	174	
6	—	—	1,50	—	2,00	260	
7	—	—	1,50	—	1,00	116	

Tabelle XVI. Gewöhnliche Mörtel verglichen in Hinsicht der Größe der Körner des beigemischten Sandes.

Benennung.	Mischungsverhältniß. Kalk durch Eintauchung gelöscht und als Staub gemessen.	Granitsand von einer mittlern Dicke von 0,0006 M.	Granitsand von einer mittlern Dicke von 0,0022 M.	Feiner Granitkies.	Relative Festigkeit.
Zwei und zwanzig Monat alter Mörtel von dem sehr magern und vorzüglich hydraulischen Kalk Nr. 4.	1,90	1,50	—	—	362
	1,90	—	1,50	—	222
	1,90	0,75	0,75	—	234
	1,90	0,75	—	0,75	290
Zwei und zwanzig Monat alter Mörtel von dem mittlern hydraulischen Kalk Nr. 8.	1,80	1,50	—	—	178
	1,80	—	1,50	—	174
	1,80	0,75	0,75	—	267
	1,80	0,75	—	0,75	310
Zwei und zwanzig Monat alter Mörtel von dem fetten gemeinen Kalk Nr. 11.	1,80	1,50	—	—	132
	1,80	—	1,50	—	143
	1,80	0,75	0,75	—	135
	1,80	0,75	—	0,75	123
Zwei und zwanzig Monat alter Mörtel von dem sehr fetten und gemeinen Kalk Nr. 13.	1,80	1,50	—	—	120
	1,80	—	1,50	—	160
	1,80	0,75	0,75	—	140
	1,80	0,75	—	0,75	155

Tabelle XVII. Gewöhnliche Mörtel verglichen in Hinsicht des Einflusses der Austrocknung.

Benennung.	Mischungsverhältniß.		Relative Festigkeit der Mörtel.	
	Gewöhnlicher Granitsand.	Kalk durch Eintauchung gelöscht und als Staub gemessen.	nachdem sie 22 Monat nach ihrer Anfertigung auf einem Speicher gelegen, wo die Luft von mittlerer Temperatur.	22 Monate nach ihrer Bereitung, wenn sie anfangs unter der Erde und dann nach und nach an freier Luft gelegen.
Mörtel von sehr magerm, vorzüglich hydraulischem Kalk Nr. 4.	1,50	1,90	274	362
— von mittlerm hydraulischem Kalk Nr. 8.	1,50	1,80	174	178
— von fettem gemeinem Kalk Nr. 11.	1,50	1,80	151	132
— von sehr fettem gemeinem Kalk Nr. 13.	1,50	1,80	146	120

Tabelle XVIII. Gewöhnliche Mörtel verglichen in Hinsicht der Löschungsart.

Alle diese Mörtel sind gleich nach ihrer Bereitung in frische Erde gelegt, dann in einem Keller und zuletzt in einem Speicher der Luft ausgesetzt worden, in der Absicht, um die Austrocknung zu verzögern. Jedes Resultat ist ein Mittel aus mehrern andern.	Mischungsverhältniß. Kalk als Teig gemessen.	Granitsand aus der Dordogne.	Relative Festigkeit der Mörtel. Wenn der Kalk auf gewöhnliche Art gelöscht war.	Wenn der Kalk durch Eintauchung gelöscht war.	Wenn der Kalk an der Luft zerfallen war.
Mörtel von sehr magerm, vorzüglich hydraulischem Kalk Nr. 1. 12½ Monat alt	1,00	1,50	370	355	315
— von sehr magerm, vorzüglich hydraulischem Kalk Nr. 2. 12 Monat alt	1,00	1,50	397	337	292
— von sehr magerm, vorzüglich hydraulischem Kalk Nr. 2. b. 12 Monat alt	1,00	1,50	342	311	300
— von sehr magerm, vorzüglich hydraulischem Kalk Nr. 3. 12 Monat alt	1,00	1,50	319	311	275
— von sehr magerm, vorzüglich hydraulischem Kalk Nr. 4. 23 Monat alt	1,00	1,50	410	377	308
— von mittlerm hydraulischem Kalk Nr. 8. 20 Monat alt .	1,00	1,50	101	156	195
— von gemeinem sehr fettem Kalk Nr. 14. 20 Monat alt .	1,00	1,50	94	151	187
— von gemeinem sehr fettem Kalk Nr. 13. 20 Monat alt .	1,00	1,50	53	77	106

Tabelle XIX. Gewöhnliche Mörtel verglichen in Hinsicht des Mischungsverhältnisses und der Löschungsart.

Vorerinnerung.	Nummer.	Mischungsverhältniß. Kalk Nr. 11. als Teig gemessen.	Gewöhnlicher Granitsand.	Relative Festigkeit des Mörtels. Wenn der Kalk auf die gewöhnliche Art gelöscht war.	Wenn der Kalk durch Eintauchung gelöscht war.	Wenn der Kalk an der Luft zerfallen war.
	1	1,00	0,50	8,0	9,3	10,4
	2	1,00	0,60	9,8	8,6	12,5
	3	1,00	0,70	7,4	11,5	10,6
	4	1,00	0,80	8,0	10,5	18,1
	5	1,00	0,90	6,6	10 2	13,2
	6	1,00	1,00	6,3	9,6	12,6
	7	1,00	1,10	6,7	7,6	12,7
	8	1,00	1,20	8,0	7,9	17,5
	9	1,00	1,30	6,8	8,6	12,6
	10	1,00	1,40	6,7	11,8	12,1
Alle hier aufgeführten Mörtel wurden gleich nach ihrer Bereitung in frische Erde gelegt, und blieben so zwanzig Monat liegen.	11	1,00	1,50	7,4	13,1	12,0
	12	1,00	1,60	6,7	11,2	15,9
	13	1,00	1,70	7,2	11,5	15,4
	14	1,00	1,80	6,3	12,2	14,9
	15	1,00	1,90	4,9	15,9	15,1
	16	1,00	2,00	3,5	15,2	15,4
	17	1,00	2,10	4,9	14,9	16,0
	18	1,00	2,20	4,8	13,4	15,6
	19	1,00	2,30	4,8	15,1	15,4
	20	1,00	2,40	4,8	12,3	15,9
	21	1,00	2,50	4,7	13,0	15,6
	22	1,00	2,60	4,6	20,2	22,3
	23	1,00	2,70	4,0	20,2	23,0
	24	1,00	2,80	3,4	13,2	18,0
	25	1,00	2,90	3,9	8,0	12,3

Tabelle XX. Gewöhnliche Mörtel, verglichen in Hinsicht des Mischungsverhältnisses und der Löschungsart.

Vorerinnerung.	Nummer.	Mischungsverhältniß.		Relative Festigkeit des Mörtels.		
		Kalk Nr. 11. als Teig gemessen.	Gewöhnlicher Granitsand.	Wenn der Kalk auf die gewöhnliche Art gelöscht war.	Wenn der Kalk durch Eintauchung gelöscht war.	Wenn der Kalk an der Luft zerfallen war.
Alle hier aufgeführten Mörtel wurden gleich nach ihrer Bereitung an einem verschlossenen, aber deswegen doch luftigen Ort, auf Bretter gelegt und blieben so zwanzig Monat liegen.	1	1,00	0,50	97	93	194
	2	1,00	0,60	127	126	222
	3	1,00	0,70	120	133	188
	4	1,00	0,80	140	128	229
	5	1,00	0,90	150	145	160
	6	1,00	1,00	127	129	165
	7	1,00	1,10	119	152	207
	8	1,00	1,20	109	179	188
	9	1,00	1,30	104	189	195
	10	1,00	1,40	104	145	200
	11	1,00	1,50	111	156	194
	12	1,00	1,60	111	124	225
	13	1,00	1,70	101	132	202
	14	1,00	1,80	100	112	182
	15	1,00	1,90	109	104	219
	16	1,00	2,00	105	104	195
	17	1,00	2,10	104	115	158
	18	1,00	2,20	107	109	156
	19	1,00	2,30	103	110	162
	20	1,00	2,40	108	128	150
	21	1,00	2,50	90	99	134
	22	1,00	2,60	92	90	123
	23	1,00	2,70	94	105	134
	24	1,00	2,80	85	99	121
	25	1,00	2,90	92	100	120

Tabelle XXI. Gewöhnliche Mörtel verglichen in Hinsicht des Mischungsverhältnisses und der Löschungsart.

Vorerinnerung.	Nummer.	Mischungsverhältniß.		Relative Festigkeit des Mörtels.		
		Kalk Nr. 11. als Teig gemessen.	Gewöhnlicher Granitsand.	Wenn der Kalk auf die gewöhnliche Art gelöscht war.	Wenn der Kalk durch Eintauchung gelöscht war.	Wenn der Kalk an der Luft zerfallen war.
Alle hier aufgeführten Mörtel wurden gleich nach ihrer Bereitung auf ein Dach gelegt, und blieben so zwanzig Monat lang jeder Witterung ausgesetzt.	1	1,00	0,50	127	101	122
	2	1,00	0,60	112	113	123
	3	1,00	0,70	102	98	114
	4	1,00	0,80	118	117	125
	5	1,00	0,90	125	126	132
	6	1,00	1,00	112	142	135
	7	1,00	1,10	106	137	123
	8	1,00	1,20	114	164	143
	9	1,00	1,30	122	170	150
	10	1,00	1,40	123	195	172
	11	1,00	1,50	118	185	170
	12	1,00	1,60	123	198	185
	13	1,00	1,70	130	201	192
	14	1,00	1,80	128	220	200
	15	1,00	1,90	132	238	243
	16	1,00	2,00	145	227	234
	17	1,00	2,10	141	238	240
	18	1,00	2,20	150	242	276
	19	1,00	2,30	150	215	235
	20	1,00	2,40	151	220	209
	21	1,00	2,50	147	196	213
	22	1,00	2,60	136	200	205
	23	1,00	2,70	120	205	200
	24	1,00	2,80	122	187	198
	25	1,00	2,90	135	165	175

Tabelle XXII. Gewöhnliche Mörtel von Kalk Nr. 11. verglichen in Hinsicht der Wirkung eines anhaltenden Durchstampfens des Mörtels.

Mischungsverhältniß.		Relative Festigkeit der Mörtel, als sie zwanzig Monate gelegen hatten					
		in der Erde		an einem luftigen bedeckten Ort		jeder Witterung ausgesetzt	
Kalk Nr. 11. gewöhnlich gelöscht und als Teig gemessen.	Gewöhnlicher Granitsand.	wenn er wie gewöhnlich durchgearbeitet worden war.	wenn er 4 Tage lang mit einem Stampfer durchgearbeitet worden war.	wenn er wie gewöhnlich durchgearbeitet worden war.	wenn er 4 Tage lang mit einem Stampfer durchgearbeitet worden war.	wenn er wie gewöhnlich durchgearbeitet worden war.	wenn er 4 Tage lang mit einem Stampfer durchgearbeitet worden war.
1,00	2,00	3,5	184,6	—	—	—	—
1,00	2,00	—	—	105	132	—	—
1,00	2,00	—	—	—	—	145	137

Tabelle XXIII. Mörtel von verschiedenen Gebäuden, verglichen mit den aus denselben Kalkarten bereiteten Mörteln der Versuche.

	Benennung.	Relative Festigkeit des Mörtels.
	Mörtel aus Kalk von Montelimart Nr. 1. auf gewöhnliche Art bereitet.	
1.	Aus einem Privathause zu Montelimart, mit feinem Sand in passender Menge, 19 Jahr alt .	227
2.	Aus einem alten Thurm zu Montelimart, wie der vorige bereitet, 110 Jahr alt	305
3.	In Souillac zum Behuf der Versuche mit ziemlich feinem Granitsande bereitet; 12½ Monat alt .	370
	Mörtel aus Kalk von Viviers Nr. 2. b. auf gewöhnliche Art bereitet.	
1.	Aus einer Futter-Mauer zu Viviers, mit ziemlich feinem Sande in passender Menge; Alter unbekannt, aber vermuthlich nicht unter 600 Jahr	412
2.	In Souillac zum Behuf der Versuche mit ziemlich feinem Granitsande bereitet; 12 Monat alt .	342
	Mörtel aus Kalk von Cahors Nr. 8. auf gewöhnliche Art bereitet.	
1.	Aus dem Innern eines Privathauses zu Cahors. Mager von ersäuftem Kalk und Sandkörnern von mittlerer Größe, 22 Jahr alt	29
2.	Ebendaher. Lag zwischen zwei Ziegeln und war schnell ausgetrocknet	28
3.	Ebendaher. Besser bereitet als die vorhergehenden, und nach und nach ausgetrocknet	40
4.	Aus dem Fundament desselben Hauses, 23 Jahr alt und langsam ausgetrocknet	136
5.	Von der Brücke von Valentré zu Cahors, mit grobem Sand und Kies in gutem Verhältniß gemischt, 400 Jahr alt	189
6.	In Souillac zu den Versuchen mit ziemlich feinem Granitsand bereitet und 20 Monat alt . .	101
7.	Desgleichen mit grobem Sand und Kies, 22 Monat alt	310
8.	Desgleichen mit groben und feinem Sand unter einander, 22 Monat alt	267
	Mörtel aus Kalk von Lanzac Nr. 14. auf gewöhnliche Art bereitet.	
1.	Aus einem Privathause zu Lanzac. Verputzmörtel, eher mager als fett, mit ziemlich feinem Granitsand, 20 Jahr alt	50
2.	Desgleichen ein anderes Stück	49
3.	Desgleichen ein anderes Stück	55
4.	Desgleichen ein anderes Stück	64
5.	Aus einer Kirche, wie der vorige, aber etwas fetter, zwei bis drei hundert Jahr alt	97
6.	In Souillac zu den Versuchen mit demselben Sande bereitet, 20 Monat alt	94
	Mörtel aus Kalk von Loupiac Nr. 13. auf gewöhnliche Art bereitet.	
1.	Aus einem Privathause zu Souillac. Eher mager als fett, mit ziemlich feinem Granitsand, 27 Jahr alt	63
2.	Aus der Kirche von Loupiac; eher mager als fett, mit Grubensand, 200 Jahr alt	48
3.	Desgleichen etwas fetter als der vorige	130
4.	In Souillac zu den Versuchen mit Granitsand bereitet, 20 Monat alt	53

Tabelle XXIV. Beschaffenheit, Mischung und relative Festigkeit verschiedener römischer Mörtel aus dem südlichen Frankreich.

Bezeichnung.	Relative Festigkeit.	Mischung. Beschaffenheit der bindenden Masse des Mörtels.	Mischung. Beschaffenheit des Zuschlags, oder der von der bindenden Masse eingeschlossenen Beimischung.	Bemerkungen.
		Mörtel aus dicken Mauern.		
Aus dem alten Vesuna.				
1. Vom Amphitheater	103	baunroth, bestehend aus weißem Kalk und einer geringen Menge eines sehr feinen röthlichen Cements	Quarzkies, von der Größe einer Erbse bis zur Größe einer welschen Nuß	Mörtel fett, unvollkommen durchgearbeitet, mit einer Menge kleiner Kalknester.
2. Von den Thermen	222			
3. Vom Thurm von Vesuna	279			
Aus Cahors.				
1. Von einem antiken Theater	176	schmutzigweiß, blos aus Kalk von derselben Farbe bestehend	Quarzkies, von der Größe eines Stecknadelknopfes bis zur Größe einer Haselnuß.	Mörtel fett, besser durchgearbeitet, als der vorige, ohne Cementbeimischung.
2. Ebendaher	191			
3. Von einem Tempel	158			
4. Von einem römischen Kanal	321			
Aus Nimes.				
1. Vom Amphitheater	154	bald grau, bald braunroth; aus weißem Kalk u. einer geringen Beimischung von einem sehr feinen Cement bestehend	Quarz- und Kalksteinkies, von der Größe einer Erbse bis zur Größe einer großen Haselnuß	Mörtel fett, sehr schlecht durchgearbeitet, mit einer Menge kleiner weißer Kalknester.
2. Vom Tempel der Diana	232			
3. Von der turris magna	496			
Aus der Wasserleitung des Gard.				
1. Aus einer dicken Mauer	257	erdig, bestehend aus Kalk und einem erdigen Sand	Quarzkies, fast durchgängig von der Größe einer Erbse	Mörtel mager, schlecht durchgearbeitet, voll kleiner weißer Kalknester.
2. Desgleichen	137			
Aus Vienne.				
1. Vom Amphitheater	242	ziemlich gleichförmig schmutzigweiß, blos Kalk	Quarzkies von der Größe einer Erbse bis zur Größe einer Haselnuß	Mörtel fett, ziemlich gut gemischt.
2. Von den Wasserrinnen	75			
Von Uxellodunum. Zu Capdenac am Lot.				
1. Aus einer dicken Mauer	152	blos als grauem Kalk	Quarzkies von jeder Größe	Mörtel fett, schlecht durchgearbeitet, mit vielen kleinen Kalknestern.
		Mörtel aus antiken Wasserleitungen, Futtermauern, Estrichen oder Pflastern.		
Aus dem alten Vesuna.				
1. Von der Wasserleitung der Thermen	185	röthlich, aus weißem Kalk und sehr feinem Ziegelmehl	Ziegelstücke von der Größe einer Wallnuß in geringer Menge	sehr fetter Mörtel, schlecht durchgearbeitet, mit vielen kleinen Nestern von weißem Kalk.
Aus Cahors.				
1. Aus der Wasserleitung der Thermen	339	röthlich, aus Kalk mit sehr feinem rothem Ziegelmehl	Ziegelstücke von der Größe einer Haselnuß in geringer Menge	fetter Mörlel, mittelmäßig durchgearbeitet, mit kleinen schmutzigweißen Kalktheilchen durchmischt.
2. Aus dem Bewurf eines antiken Thores	84			
3. Aus einem Bassin	28			
Aus Nimes.				
1. Aus dem Pflaster der Gallerien des Amphitheaters	372	Grau aus weißem Kalk und Kohlenstaub	Kohlenstücke von der Größe einer Erbse	ziemlich gut bereiteter Mörtel.
Aus der Wasserleitung des Gard.				
1. Aus der Bekleidung der Wasserleitung	129	weißlich, blos aus Kalk bestehend	gelbe und rothe Ziegelstücke von der Größe einer Wallnuß.	sehr fetter Mörtel.
2. Ebendaher	348			
Aus Vienne.				
1. Aus der Bekleidung eines Hauses	161	röthlich, aus Kalk und sehr feinem rothem Ziegelmehl	rothe Ziegelstücke von der Größe einer Haselnuß.	ziemlich gut gemischter Mörtel.
2. Aus dem Pflaster desselben	235			
3. Bewurf desselben	301			
Aus Sarlat.				
1. Aus einer römischen Wasserleitung	161	wie der vorige	rothe Ziegelstücke von der Größe einer Wallnuß	ziemlich gut gemischter Mörtel.

Tabelle XXV. Vergleichung einiger Mörtel von künstlichem hydraulischem Kalk, hinsichtlich der Beschaffenheit des natürlichen Kalks und der Menge der beigemischten Thonerde.

Nummer.	Mischung des künstlichen Kalks, die nochmals gebrannt wurde					Mischung des Mörtels.		Relative Festigkeit des Mörtels, nachdem er ein Jahr alt.
	Kalk Nr. 14. an der Luft zerfallen und als Staub gemessen.	Kalk Nr. 11.	reiner brauner eisenhaltiger Thon, als Staub gemessen.	brauner eisenhaltiger Thon, mit Sand gemischt.	grauer, wenig eisenhaltiger Thon.	künstlicher Kalk durch Eintauchung gelöscht und als Staub gemessen.	gewöhnlicher Sand.	
1.	1,00	—	0,50	—	—	1,00	1,00	179
2.	1,00	—	0,30	—	—	1,00	1,00	213
3.	1,00	—	0,20	—	—	1,00	1,00	480
4.	1,00	—	0,10	—	—	1,00	1,00	125
5.	1,00	—	0,05	—	—	0,80	1,00	78
6.	1,00	—	—	0,20	—	1,00	1,00	127
7.	1,00	—	—	0,10	—	1,00	1,00	203
8.	1,00	—	—	0,05	—	1,00	1,00	142
9.	1,00	—	—	—	0,25	1,00	1,00	290
10.	1,00	—	—	—	0,15	1,00	1,00	275
11.	—	1,00	—	0,15	—	1,00	1,00	306

Versuche, angestellt in Coblenz, in den Jahren 1820 bis 1822.

Bei Anstellung meiner Versuche war es vorzüglich meine Absicht, die hier in Coblenz gebräuchlichen Mörtelmaterialien zu untersuchen und bei dieser Gelegenheit zugleich die Richtigkeit mehrerer von Vicat aufgestellten Resultate nochmals zu prüfen. Obgleich meine Versuche nicht ganz meinen Erwartungen entsprochen haben, so glaube ich doch, daß sie in vieler Hinsicht die gewünschten Aufschlüsse geben und der Mittheilung werth sind.

Der hier in Anwendung kommende Kalk ist theils ein magerer Kalk aus der Gegend von Trier, theils ein fetter Kalk aus der Gegend von Mainz oder aus der Gegend von Geilnau an der Lahn. Der erstere wird hier von den Maurern, wahrscheinlich wegen seiner etwas hydraulischen Beschaffenheit, immer so frisch verbraucht, als man ihn haben kann. Der letztere wird gewöhnlich vorher in Gruben eingesümpft, und so habe auch ich ihn gebraucht. Es war mir leider nicht möglich, genauer die Kalkbrüche zu erfahren, aus welchen der bei den Versuchen gebrauchte Kalk entnommen war. Der Triersche Kalk wurde, wo es nicht anders bemerkt ist, auf die hier gewöhnliche Art gelöscht, welche mit der Eintauchung übereinkommt: nämlich nach und nach Wasser über ihn gegossen, bis er in Staub zu zerfallen anfing, und dann durch Zugießung von noch mehr Wasser ein Brei gebildet, und hierauf das Verhältniß das Volumens dieses Breies gegen das Volumen des ungelöschten Kalks (in Stücken, wie er in den Tonnen liegt, gemessen) gesucht. Dies Verhältniß ist in den Tabellen bemerkt. Indessen kann dasselbe nicht viel helfen, da oft nachher, bei der wirklichen Mörtelbereitung und Ver-

mischung des Kalks mit dem Zuschlag noch Wasser zugegossen werden mußte, weil der Mörtel sonst zu derb und nicht teigartig geworden wäre. Da der Kalk, wie eben gesagt, stets in Stücken gemessen worden ist, wie es beim Verkauf geschieht, so darf man sich auch nicht wundern, wenn er oft nach dem Löschen weniger Raum einnimmt, als vorher. Ich maß ihn auf diese Art deswegen, weil er in der Anwendung nur auf diese Art gemessen werden kann. Der Mainzer oder Lahnkalk wurde in dem brei- oder teigartigen Zustand gemessen, in welchem er aus den Gruben kam, wo er eingesümpft gelegen hatte.

Von Cementen gebrauchte ich blos den bekannten Traß aus der Gegend von Andernach, und Ziegelmehl von mittelmäßig guten Ziegeln.

Der Sand, der hier gefunden wird, besteht fast durchgehends aus Bimsstein (da die ganze Gegend vulkanisch ist) bisweilen mit fremdartigen Bestandtheilen gemischt. Ich habe ihn immer ganz rein angewandt. Außerdem gebraucht man hier auch durchgesiebten Kiessand, der nothwendig eine Menge kleiner Steine enthalten muß, übrigens fast ganz aus Quarz mit einigen Lehmtheilen besteht. Ich habe, wo es nicht anders bemerkt ist, einen ziemlich reinen feinen weißen Quarzsand gebraucht, der sich in einer Ader des Kiesgrundes der Rheinebne vorfand.

Die Versuche über die Festigkeit des Mörtels wurden in derselben Art wie von Vicat angestellt. Ich glaubte Anfangs, sichere Resultate zu erhalten, wenn ich das Probestück nicht dem Zerbrechen, sondern dem Zerreißen unterwürfe, und bediente mich der (Fig. 4.) abgebildeten Vorrichtung, indem ich Ziegelstücke als Gewichte brauchte. Ich fand indeß sehr große Verschiedenheit in den Resultaten wie Tabelle I. und VII. näher zeigen wird, so daß z. B. das Mörtelstück Nr. 7. einmal 116 Pfund und das andre Mal 63 Pfund Widerstand auf den Quadrat-Zoll gegen das Zerreißen äußerte. Ich schrieb diesen Erfolg dem Schwanken der Vorrichtung zu und dem Gebrauch von Gewichten, wodurch beim Darauflegen der letztern ein Stoß entstehen mußte, der also das Mörtelstück unter einer geringern Last zerreißen machte, als es eigentlich zu tragen im Stande war, weswegen auch die größten Resultate bei diesen Versuchen als die richtigsten anzusehen sind. Ich gebrauchte daher späterhin einen der Vorrichtung Vicats ganz ähnlichen Mechanismus mit dem Unterschied, daß ich ebenfalls wieder Gewichte statt Sand gebrauchte, weil der Gebrauch des letztern sehr viel Zeit erforderte, die ich nicht darauf verwenden konnte; und daß ich das Eisen, an welches das Gewicht gehangen wurde, nicht mit einer breiten Fläche, sondern mit einer etwas stumpfen Kante (wie Fig. 3. a. zeigt) auf dem Mörtelstück aufliegen ließ, damit die Entfernung des Hebelarms des Gewichts genau bestimmt war, welches in den Vicatschen Versuchen nicht ganz der Fall ist. Eben so wenig konnte ich den Bruchflächen bei allen Stücken, gleiche Dimensionen geben, und die Resultate mußten alle durch Berechnung reducirt werden, weswegen ich vorher Versuche anstellte über den Einfluß dieser Verschiedenheit der Dimensionen der Probestücke, von welchen ich nachher ausführlicher sprechen werde. Obgleich die Resultate bei einem und demselben Mörtelstück noch sehr abweichend waren, und man daher glauben könnte, daß auch hier durch das Auflegen der Gewichte stets ein Stoß erfolgte, der ein früheres Brechen veranlaßte, so bin ich doch aus folgenden Gründen nicht ganz dieser Meinung, und glaube vielmehr, daß eine solche Verschiedenheit in den Resultaten unvermeidlich ist:

1) Es erfolgte das Brechen sehr oft erst einige Sekunden nachdem das letzte Gewicht auf den Wagebalken gelegt war.

2)

2) Die Bruchfläche war oft sehr unregelmäßig, ungeachtet ich stets oben und oft auch an den Seiten einen Einschnitt mit der Säge machte, damit der Bruch an einer bestimmten Stelle erfolgen sollte. Dies geschah aber nicht immer, sondern oft ging der Bruch in andern Richtungen vor sich, so daß seine Fläche viel größer war, als sie hätte seyn müssen, wenn er den Einschnitten gefolgt wäre. (Es versteht sich von selbst, daß blos die wirkliche Bruchfläche, und nicht die Einschnitte mit der Säge mit gemessen wurden.) Man sieht also, daß die Ungleichheit in den Resultaten zum Theil in der ungleichen Beschaffenheit der Mörtelmasse lag.

3) Die ungleiche Beschaffenheit des Innern wurde vorzüglich durch den verschiedenen Grad der Trockenheit herbeigeführt, besonders bei den fetten Kalkarten, die als ganz trocknes Hydrat ziemlich fest sind, aber dem Mörtel, so lange er feucht ist, fast gar keine Consistenz geben. Auch mochte die Kohlensäure dabei von Einfluß seyn. Schon Vicat macht an mehreren Orten darauf aufmerksam.

4) Die Resultate bei den schlechtern Mörtelarten, z. B. Nr. 45. und auch selbst bei den Ziegeln Nr. 153. und 154. sind ziemlich übereinstimmend, und nur bei den sehr festen Mörteln weichen sie bedeutend ab. Bei mehrern dieser letztern bemerkte ich wirklich, daß sie, obgleich sehr fest, wie manche Steinarten oder Ziegelsorten mit einzelnen Spalten und Klüften durchzogen waren. Ich habe diese Beschaffenheit mit dem Wort **klüftig** bezeichnet.

Unter diesen Umständen war ich anfangs fast geneigt, die größere Uebereinstimmung in den Vicatschen Versuchen in Zweifel zu ziehen: indessen kann es doch wohl an einer bessern Vorrichtung liegen, und jedem, der diese Versuche wiederholen will, ist daher zu rathen, erstens, wie Vicat Sand zu gebrauchen, und zweitens, den Wagebalken nicht unmittelbar an das Mörtelstück zu hängen, sondern eine Rolle dazwischen anzubringen, die jeden möglichen Stoß auf das Mörtelstück bei einer Seitenbewegung des Wagebalkens hindert. Ich habe wegen dieser Verschiedenheit in den Resultaten, in der Regel jedes Stück zweimal probirt, und man sieht leicht ein, daß das größte Resultat immer als das richtigere anzusehen ist, weswegen ich es auch stets zuerst aufgeführt habe. Uebrigens finden sich auch auf Vicats Tabellen oft große Sprünge, wo eine regelmäßige Reihe nothwendig statt finden sollte, z. B. Tabelle XIX. eine Reihe wie 67, 72, 63, 49, 35, 49, 48 oder auch wie 125, 106, 181, oder wie 156, 223, 230, 180, 123 ꝛc. Diese Ungleichheit in meinen Resultaten ist indessen doch bei weitem nicht so groß, daß sich nicht allgemein die Güte des Mörtels sehr gut daraus beurtheilen ließe. Nur feinere Vergleichungen müssen wegfallen, und hierin scheint Vicat auch oft etwas zu weit gegangen zu seyn. Es wäre zu wünschen gewesen, daß er auch, ein und dasselbe Mörtelstück einer mehrmaligen Prüfung unterworfen hätte.

Wir wollen nun zur nähern Betrachtung der einzelnen Versuche übergehen und mit Tabelle VII. anfangen, die zu einigen allgemeinen Bemerkungen Veranlassung giebt. Die in Klammern eingeschlossenen Resultate sind nicht wirklich versucht, sondern blos geschätzt. Ueberall, wo kein Resultat angegeben ist, ist keine Beobachtung angestellt worden.

Nr. 152. bis 156. zeigt, welcher große Unterschied zwischen einem gutgebrannten rothbraunen und einem nur gewöhnlich gebranntem Ziegel statt findet. Der erstere ist ziemlich 4 mal fester. Es würde sehr zweckmäßig seyn, die Güte der Ziegeln auf diese Art einer genauen mathematischen Prüfung zu unterwerfen, denn das Probiren blos aus freier Hand mit dem Hammer ist immer sehr ungewiß.

Nr. 153. und 154. zeigen, daß der Versuch mit dem Brechen ziemlich gleichförmige Resultate

giebt, da bei Nr. 153. der mittlere Widerstand 23,3 Pfund und daher die größte Differenz nur 2,7 Pfund beträgt. Ebenso ist für Nr. 154. der mittlere Widerstand 25,6 Pfund und die größte Differenz 4,4 Pfund. Man kann diese beiden Resultate als ziemlich übereinstimmend ansehen, und wohl den Schluß daraus ziehen, wie ich oben schon bemerkte, daß, wenn bei andern Versuchen ein und dasselbe Mörtel- oder Ziegelstück so verschiedene Resultate gab, dies blos an der Ungleichheit im Innern desselben lag, und nicht an der Einrichtung der Maschine.

Was nun zweitens den Widerstand gegen das Zerreißen im Verhältniß gegen den Widerstand gegen das Zerbrechen betrifft, so müßte nach der gewöhnlichen Theorie, deren Anwendbarkeit wir übrigens weiter unten noch näher entwickeln werden, der Widerstand für jeden Quadratzoll gegen das Zerreißen doppelt so groß seyn, als gegen das Zerbrechen, bei 1 Quadratzoll Bruchfläche und 1 Zoll Hebelarm des Gewichts (alles preußisch Maaß und Gewicht.) Bei Nr. 154. finden wir eine große Abweichung; der mittlere Widerstand gegen das Zerreißen auf den halben Quadratzoll ist im Mittel 37 Pfund und auf den Quadratzoll gegen das Zerbrechen bei 1 Zoll Hebelarm des Gewichts 25 Pfund. Dies kam aber daher, daß der hier gebrauchte Ziegel eine etwas blättrige Beschaffenheit hatte, und daher gegen das Zerreißen einen andern Widerstand äußern mußte, als gegen das Zerbrechen. No. 155 hingegen war von gleichförmiger Beschaffenheit und die Versuche wurden nach allen Richtungen des Stücks vorgenommen. Daher finden wir auch eine Uebereinstimmung, wie sie unter diesen Umständen wohl nicht größer seyn kann, nämlich:

Widerstand gegen das Zerreißen auf den halben Quadratzoll im Mittel . . . . 43 Pfd.
— gegen das Zerbrechen auf den Quadratzoll . . . . 49 —

Nr. 157. und 158. sind Mörtelproben aus wirklichen Gebäuden, die als Beweis für die Güte des Bimsteinsandes dienen, wovon noch weiter unten die Rede seyn wird.

Endlich wurden die Versuche Nr. 7. Tabelle VII. mit einem Mörtel angestellt, um bei diesem den Unterschied des Widerstandes gegen das Zerreißen und Zerbrechen zu prüfen. Die drei ersten Versuche gaben im Mittel:

Widerstand gegen das Zerreißen auf den halben Quadratzoll, als der Mörtel eben aus dem Wasser kam . . . . 41 Pfd.
Widerstand gegen das Zerbrechen auf den Quadratzoll, nachdem der Mörtel 40 Tage im Trocknen gelegen hatte, im Innern aber noch feucht war . . . . 31,5 —
Widerstand gegen das Zerbrechen, nachdem derselbe nochmals 60 Tage in Trocknen gelegen hatte und fast ausgetrocknet war . . . . 32,7 —

Das erste und zweite Resultat stimmen schlecht. Ich war anfangs der Meinung, wie wir noch näher bei Tabelle I. sehen werden, daß das Austrocknen die Festigkeit des mit Traß bereiteten Wassermörtels vermindere, weil ich bei den meisten Mörtelstücken dieser Art, nachdem sie etwa 40 Tage im Trocknen gelegen hatten, zu bemerken glaubte, daß die trocknen Theile eine geringere Consistenz hatten, als die feuchtern, und dies war hauptsächlich die Veranlassung der so eben erwähnten Versuche. Ich wurde durch sie indessen belehrt, daß die Verschiedenheit der Trockenheit, welche zwischen dem zweiten und dritten Resultat größer war, als zwischen dem ersten und zweiten, keine merkliche Verschiedenheit der Festigkeit veranlaßte, und daß der Unterschied zwischen dem ersten und zweiten Resultat mehr der Unvollkommenheit der Versuche zuzuschreiben ist. Ich fand aber, daß, wenn in den

einzelnen Stücken die trocknen Theile eine geringere Festigkeit zu haben schienen, dies daher rühre, daß die äußern Theile vom Wasser ausgespült waren (wie es Vicat und auch John bemerkt) und daß diese Theile daher schneller austrockneten, als die innern, und unter diesen Umständen auch eine geringere Festigkeit haben mußten. Außerdem ist immer an den äußern Theilen eines Mörtelstücks mehr Kalk zu bemerken, als in den innern, indem der gröbere Theil der Beimischung oder des Zuschlags sich mehr nach dem Innern zieht. Dies ist sehr leicht an jedem Mörtel zu finden, und man wird auch in gewöhnlichen Mauern immer bemerken, daß in den Mauerfugen der Mörtel, da wo er mit den Steinen zusammenkommt, den meisten Kalk enthält.

Ferner zeigen die Resultate der Tabelle VII. noch, daß die Voraussetzung, der Widerstand gegen das Zerbrechen sey dem Quadrat der Höhe der Bruchfläche proportional, sich als richtig erweiset: denn man sieht sogleich, daß die Verschiedenheit der Resultate nicht von der Höhe der Bruchfläche, sondern von andern Umständen abhängen muß, da diese Verschiedenheit nicht die geringste Uebereinstimmung mit der Verschiedenheit der Höhen der Bruchfläche zeigt.

Endlich will ich zur Vergleichung noch darauf aufmerksam machen, daß der Widerstand gegen das Zerbrechen, auf den Quadratzoll, bei ein Zoll Hebelarm des Gewichts:

für Römischen Mörtel aus Nimes (den festesten, den Vicat untersuchte) . . .	85	Pfd. beträgt
für Estrich-Mörtel aus Nimes (der beste nach dem vorigen, den Vicat prüfte)	65	— —
für den schlechtesten römischen Mörtel, den Vicat untersuchte (aus Vienne) . .	13	— —
für Vicats besten Mörtel von künstlichem hydraulischen Kalk	84	— —
für Vicats besten Mörtel von natürlichem hydraulischen Kalk	71	— —
für den besten von mir bereiteten Wassermörtel von Traß und Trierschem Kalk Tabelle I. Nr. 11.	53	— —
für sehr festen ein Mal gebrannten rothbraunen Ziegel	96	— —
für Ziegel von mittelmäßiger Güte	20 bis 50	— —
für guten Ziegel, ein Mal gebrannt (nach Vicat)	99	— —

Die Tabelle I. enthält die Versuche mit Wassermörtel von Trierschem Kalk. Wenn wir zuvörderst den Widerstand der Mörtelstücke gegen das Zerreißen und das Zerbrechen vergleichen, so müßte eigentlich die Summe der Pfunde, die den erstern ausdrücken, gleich seyn der Summe der Pfunde in den beiden Spalten, in welchen der Widerstand gegen das Zerbrechen für zwei Versuche ausgedrückt ist. Wir finden aber die erstere Summe gleich 1789 und die letztere gleich 1514. Dieser Unterschied rührt nun entweder von der Unvollkommenheit der Vorrichtung her, oder zweitens davon, daß die Annahme: der Widerstand gegen das Zerbrechen sey den Quadraten der Höhen proportional, nicht richtig ist; oder endlich, daß der Wassermörtel durch das Austrocknen wirklich an seiner Festigkeit verliert. Welches die eigentliche Ursache sey, bleibt andern Versuchen zu entscheiden übrig. Vielleicht haben alle drei darauf eingewirkt.

Wir sehen ferner aus Nr. 14. daß der Triersche Kalk zu den mittlern hydraulischen zu rechnen ist, indem er unter Wasser mit Kiessand wohl erhärtet, aber ohne Beimischung von Cementen doch nur eine geringe Consistenz erhält. Wir sehen ferner aus demselben Versuch, daß dieser Kalk, ohne Cement, also wie ein bloßes reines Kalk-Hydrat, durch die Austrocknung bedeutend an Festigket gewinnt.

Diese Tabelle giebt uns ferner, übereinstimmend mit Vicat, zu folgenden Bemerkungen Veranlassung:

Daß erstens beim Trierschen, als einem etwas hydraulischen Kalk, die Löschungsart einen geringen Einfluß hat.

Daß zweitens die Verschiedenheit der Cemente ebenfalls einen geringern Einfluß auf ihn äußert, als bei fetten Kalkarten: denn wir sehen, daß er nicht blos mit Traß, sondern auch mit Ziegelmehl (Nr. 15.) und mit Bimsteinsand (Nr. 16.) noch einen vorzüglichen Wassermörtel giebt, während bei dem fetten Kalk, Tabelle II., diese letztern Cemente ohne Wirkung blieben. Daß übrigens der Bimsteinsand cementartige Eigenschaften habe, geht aus allen damit angestellten Versuchen hervor, von denen weiter unten noch mehr die Rede seyn wird.

Ferner bemerken wir, daß eine zu große Menge Traß, im Verhältniß des Sandes, von keiner merklichen Wirkung ist, und daß 100 Kalk 150 Sand 50 Traß das beste Resultat gaben. Das gewöhnliche Verhältniß von 100 Kalk 100 Sand 100 Traß ist also eine unnütze Verschwendung des letztern Materials. Ja selbst 100 Kalk 75 Sand 25 Traß gaben einen vorzüglichen Mörtel. Wahrscheinlich könnte man auch die Menge Sandes ohne Nachtheil noch vermehren, besonders da die getrockneten Stücke noch immer eine große Menge zum Theil unaufgelöseten, zum Theil noch weiß abfärbenden Kalkes zeigten, woraus sich schließen läßt, daß eine größere Menge Sandes und die möglichst größte Pulverisation und Vereinigung aller Bestandtheile von großem Nutzen seyn würde.

Die Mischungen mit frischem oder altem Kalkstaub zeigten sich eher schlechter als besser, als die gewöhnlichen und enthielten stets besonders viel unaufgelösete Kalktheilchen. Vielleicht und wahrscheinlich ist also Loriot's Mörtel nur bei fetten Kalken von Nutzen. Ueberdem ist bei allen diesen Versuchen mit Trierschem Kalk nicht zu vergessen, daß man denselben hier nie ganz frisch haben konnte, da er von Trier schon gebrannt verschickt wird.

Die Spalte, die anzeigt, wie der Mörtel am Ziegel und andern Stein hielt, ist eigentlich ohne Werth, da zu viele Umstände darauf eingewirkt haben, um ein Resultat daraus zu ziehen; oft mochten der Mörtel und das daran liegende Ziegelstück schon ohne Verbindung gewesen seyn, ehe sie ins Wasser kamen. (Meine Mörtelproben wurden alle in länglichen, hölzernen, ganz locker von Brettstücken zusammen geschlagenen Kasten aufbewahrt. In jeden derselben kamen 3 bis 5 Mörtelproben, die durch Ziegelstücke geschieden waren.)

Die abgebrochnen Mörtelstücke, in denen Traß enthalten war, trockneten auf der Oberfläche in wenig Minuten. Das Innere blieb aber, wie wir sehen, nachdem der Mörtel an einen trocknen schattigen Ort gebracht worden war, noch mehrere Wochen feucht; die Mörtelmischungen ohne Traß dagegen, wie Nr. 14 und 15, trockneten in dieser Zeit ganz aus. Es scheint daher, als wenn der Traßmörtel wirklich geeignet sey, die Feuchtigkeit nicht durchzulassen. Wie groß aber diese Wasserdichtheit sey, ist noch auszumitteln. Wenigstens scheint es sehr zweifelhaft, daß er im Stande sey, allein und ohne Vereinigung mit andern Hilfsmitteln, ganz die Feuchtigkeit von Gewölben ꝛc. abzuhalten.

John ist der Meinung, man könne den Wassermörtel nicht gleich frisch ins Wasser bringen, weil er darin zerfiele, und Vicat dagegen verlangt, bei den Versuchen ihn sogleich nach seiner Bereitung ins Wasser zu legen. Ich glaube, beide haben Recht. Frischer Wassermörtel wird in bewegtem Wasser und durch nichts zusammengehalten, gewiß immer zerfallen, aber, wenn das Wasser still

und er in Räumen eingeschlossen ist, die das Auseinandergehen nicht erlauben, ohne dabei das Hinzutreten des Wassers zu verhindern, wenn er sonst gut ist, stets erhärten, er mag nun gleich nach seiner Bereitung, (wie Vicat es gethan hat) oder ein bis zwei Tage nachher, (wie es von mir geschehen ist) ins Wasser gelegt werden; denn für die innern Theile des Probestücks, worauf es doch eigentlich ankommt, kann dies von keinem Einfluß seyn, da sie ohnedem von den äußern Theilen ganz eingeschlossen sind, und nur für diese letztern kann dadurch eine verschiedene Wirkung eintreten. Dies wird um so einleuchtender, da wir sehen, bei Vergleich von Tabelle I. mit Tabelle III., daß der Mörtel, im Wasser und an kühlen unterirdischen Orten aufbewahrt, fast dieselben Resultate gab.

Endlich sehen wir aus Nr. 4., 7. und 9., daß eine zu große Wassermenge dem Mörtel nachtheilig ist. Das Verbrennen des Kalks hingegen (Nr 19.) scheint von keinem, oder nur geringem schädlichen Einfluß für den Wassermörtel zu seyn.

Wir gehen nun zu Tabelle II. über, welche den Wassermörtel mit fettem Weißkalk enthält. Die wichtigste Bemerkung, die wir hier machen, ist die, daß solcher fetter eingesümpfter Kalk mit Ziegelmehl und Bimsteinsand zwar keinen brauchbaren Wassermörtel liefert, mit Traß indeß eine Festigkeit erreicht, die der Festigkeit von Ziegeln mittlerer Güte gleichkommt. Ferner werde ich späterhin auf Nr. 33., 34. und 35. aufmerksam machen, welche zeigen, daß die Erhärtung erfolgt, ungeachtet im Innern noch sehr viel Feuchtigkeit enthalten ist. Der Traß scheint auch hier die Eigenschaft zu haben, die Feuchtigkeit nicht durchzulassen, da der Mörtel, nachdem er 37 Tage an einem schattigen trocknen Orte gelegen hatte, noch immer so viel Feuchtigkeit enthielt, ungeachtet die Stücke nur Dimensionen von zwei bis drey Zoll hatten.

Außerdem scheint eine zu große Menge Traß hier, so wie beim Trierschen Kalk, in der Hinsicht nachtheilig zu seyn, daß er den Mörtel klüftig macht. Diese Klüfte oder Risse sind indessen von denen sehr verschieden, die bei den Kalkhydraten durch Austrocknung entstehen. Sie ähneln denen, die man im Thonschiefer und andern Steinarten findet, und gehen durch das ganze Stück. Die Ursache kann nur in einer chemischen Wirkung des Traßes liegen, da diese Klüfte sich bilden, während der Mörtel unter Wasser liegt, und also nicht von der Austrocknung herrühren. Dies ist ein Grund mehr, um der unnützen Traßverschwendung Einhalt zu thun.

Bei Ansicht der dritten Tabelle dringt sich sogleich im Allgemeinen die Bemerkung auf, daß der Mörtel an Orten, wo er der Luft nicht ausgesetzt ist, als z. B. in Fundamenten, dicken Mauern ꝛc. sich eben so verhält, als im Wasser, und daß man daher sehr Unrecht hat, die Cemente und namentlich den Traß bei Landbauten als schädlich zu verwerfen. Er wird im Innern der Mauern stets trefflichen Mörtel geben, wenn er auch vielleicht an den äußern Theilen übel angebracht wäre, worüber indeß auch noch erst überzeugende Versuche anzustellen sind. Wir finden auf dieser Tabelle fast ganz die Resultate der Tabelle I. wieder. Triescher Kalk und Quarzsand geben einen schlechten Mörtel, und nur wenn er sehr fett ist, erhält er eine größere Festigkeit (Nr. 41 bis 52.). Zu viel Wasser bei Anfertigung des Mörtels ist nachtheilig (Nr. 52.). Zu viel Traß scheint der Festigkeit zu schaden (Nr. 58. und 59.). 100 Kalk 175 Sand 25 Traß geben noch einen sehr guten Mörtel, der mittelmäßigen Ziegeln gleichkommt. Die Kalkmenge könnte ohne Zweifel mit Vortheil vermindert werden. Trierscher Kalk, Quarzsand und Ziegelmehl geben ebenfalls sehr guten Mörtel (Nr. 60. bis 65.). 3 Theile Sand und 1 Theil Ziegelmehl scheint das beste Verhältniß zu seyn.

Alle Mörtelmischungen von Kalk, Sand und Thon oder Lehm, oder sogenannter Sparkalk, sind ganz verwerflich (Nr. 66. bis 70.). Bimsteinsand würde von noch vorzüglicherer Brauchbarkeit seyn, wenn er nicht selbst so wenig Consistenz hätte, daß er in sich schlechter zusammenhält, als mit dem Kalk: je kleiner also die Körner sind, je besser wird er seyn. Die übrigen Versuche mit altem und frischem Kalkstaub, mit überschwemmtem und verbranntem Kalk, in Verbindung mit Quarzsand, geben immer schlechten Mörtel, so daß bei der Mörtelbereitung immer der Sand und überhaupt der Zuschlag die Hauptsache bleibt, und namentlich bei den hydraulischen Kalken die Löschungsart von geringem Einfluß ist. Wir werden in der Folge sehen, daß die Güte des römischen Mörtels in den meisten Fällen von den Beimischungen herrührt.

In Ehrenbreitstein wurden 1818 kleine Stückchen Mauerwerk mit 6 verschiedenen Arten Mörtel angefertigt und 4 Jahr später 1822 aufgebrochen, um denselben zu untersuchen. Die Mischungen waren folgende gewesen:

I. Mainzer Kalk mit rauhem Kies.

II. Mainzer Kalk mit schwarzem Sand (d. i. etwas unreinem Bimsteinsand).

III. Trierscher Kalk mit weißem Bimsteinsand.

IV. Trierscher Kalk mit Quarzsand.

V. Trierscher Kalk mit rauhem Kies.

VI. Trierscher Kalk und alle Sorten von vorgenanntem Quarze, rauhem Kies- Bimstein- und schwarzen Sand.

Dies Mauerwerk hatte zu Zeiten mit Erde bedeckt, zu Zeiten offen gelegen. Die Resultate waren mit Tabelle III. ganz übereinstimmend, nämlich den besten Mörtel gab Nr. III., dann folgte VI., IV., V., II., I.; nur waren die Unterschiede der Festigkeit geringer, als bei meinen Versuchen, welches von der fast gänzlich erfolgten Austrocknung des Mörtels herrührte. Hätte der Mörtel mehr gedeckt gelegen, und wäre er daher noch feuchter gewesen, so würden sich die Unterschiede der Festigkeit ohne Zweifel eben so deutlich ausgesprochen haben, wie bei meinen Versuchen. Ueberdem konnte man die Festigkeit nur nach dem Anschein beurtheilen und die Mörtelstücke wurden keinem förmlichen mechanischen Versuch unterworfen.

Tabelle IV. Für diese gilt in Hinsicht von Tabelle II. dasselbe, als für Tabelle III. in Hinsicht von Tabelle I. Es verhielt sich der Mörtel dieser Tabelle eben so wie der Wassermörtel Tabelle II. Kalk, Sand und Traß, zu gleichen Theilen, gaben einen sehr guten Mörtel. Eine geringere Quantität Traß scheint den Mörtel zu verschlechtern. Ziegelmehl gab mit diesem fetten Kalk einen Mörtel von sehr geringer Güte, Sand dagegen einen ganz unbrauchbaren.

Tabelle V. enthält Mörtel von Trierschem Kalk, $1\frac{1}{2}$ Jahr jeder Witterung ausgesetzt. Sie giebt zu folgenden Bemerkungen Veranlassung. Ziegelmehl, selbst in geringer Quantität, trägt sehr zur Verbesserung des Mörtels bei, und derselbe war an den äußern Theilen gar nicht von der Witterung angegriffen.

Daß Nr. 107. ziemlichen Widerstand leistete, rührte von der Trockenheit des Probestücks her. Ueberhaupt war an den verschiedenen Tagen, je nachdem das Wetter feucht oder trocken gewesen war, die Trockenheit der Probestücke und daher auch die Resultate sehr verschieden. Sonst, sieht man wohl, ist der sogenannte Sparkalk mit Lehm ganz unbrauchbar.

Ferner erhellt, daß alle Mörtelmischungen von bloßem Kalk und Quarzsand nur einen sehr mittelmäßigen Mörtel gaben, der höchstens 12 bis 14 Pfund Widerstand auf den Quadratzoll gegen das Zerbrechen bei 1 Zoll Hebelarm des Gewichts leisten konnte. Auch war dieser Mörtel in der Regel sehr von der Witterung angegriffen. Leider war eine kleine Unordnung vorgefallen, und daher nicht zu ermitteln, welche Mischungen Nr. 113. und 114. enthielten, die der Witterung gut widerstanden hatten. Ueberhaupt wird man hin und wieder Lücken in den Versuchen bemerken. Diese kamen daher, daß mehrere Probestücke, bei der großen Anzahl derselben, verloren gingen, oder verwechselt wurden, und ich alles, was zweifelhaft war, weggelassen habe. Nur wenige davon habe ich dennoch aufgeführt, aber jedesmal bemerkt, was unsicher dabei ist.

Die Versuche Nr. 122. 123. 124. 125. hätten alle eigentlich einerlei Resultat geben sollen, wenn der Kalk nicht bei Anfertigung dieser Mörtel von verschiedenem Alter gewesen wäre. Auf jeden Fall gab diese Mischung schlechte Resultate, und zu viel Wasser (Nr. 123.) scheint auch hier nachtheilig zu seyn.

Bimsteinsand gab auch hier einen vorzüglichen Mörtel. Leider habe ich mit demselben nicht verschiedene Mischungen versucht, um das beste Verhältniß zu ermitteln. Dies bleibt also noch zu erforschen. Auch widerstand dieser Mörtel der Witterung vortrefflich.

Die letzten Versuche dieser Tabelle zeigen, daß im Ganzen die Verschiedenheit der Löschungsart bei diesem Kalk von geringem Einfluß ist, (was wohl auch daher rührt, daß er hierorts nie ganz frisch zu haben war) und daß es bei ihm hauptsächlich auf den Zuschlag ankommt.

Bei allen von der Witterung an der Oberfläche zerstörten Mörtelproben war in der Regel eine äußere sehr feste Schale zu bemerken, die indeß mit dem Innern nicht zusammenhing. Dies waren diejenigen Theile der Oberfläche, die schon vor Eintritt des Winters durch die Kohlensäure der Luft in Kalkstein regenerirt worden waren.

Tabelle VI. zeigt wie Tabelle IV., daß der fette Mainzer oder Lahnkalk nur mit Traß einen guten Mörtel giebt, aber mit bloßem Quarzsand oder Ziegelmehl, wenigstens nach Verlauf von $1\frac{1}{2}$ Jahren und an feuchten Orten, im Innern der Mauern ꝛc. ganz unbrauchbar ist. Aus Nr. 140. scheint indeß hervorzugehen, daß unter gewissen Umständen dieser Kalk mit bloßem Ziegelmehl einen guten Mörtel geben könne.

So unvollständig auch die vorstehenden von mir angestellten Versuche sind, so glaube ich doch, werden sie im Stande seyn, mehrere über verschiedene Mörtelmischungen und Mörtelbereitungen herrschende Vorurtheile zu berichtigen. So viel kann ich versichern, daß ich sie mit möglichster Treue gebe, und nirgends von der Wahrheit abgewichen bin, vielmehr überall, wo mir etwas zweifelhaft schien, es eher mit zu großer Aengstlichkeit erwähnt und darauf aufmerksam gemacht, als es umgangen, oder durch falsche Angaben zu bemänteln gesucht habe.

Wenn schon die der Abhandlung Vicats vorangehenden Beurtheilungen uns dieselbe als eine wichtige Erscheinung in dem Gebiete der Baukunde bezeichneten, so wird man nach sorgfältiger Durchlesung derselben über den Fleiß und die Ausdauer, womit die Versuche angestellt wurden, und über die folgereichen Resultate, die sich daraus ergeben, betroffen seyn, und vielleicht gar an der Wahrheit derselben zu zweifeln sich geneigt finden. Es ist daher eine auffallende Erscheinung, daß ungefähr zu

derselben Zeit, wo Herr Vicat diese Versuche in Frankreich anstellte, Herr Professor John in Berlin sich mit demselben Gegenstande beschäftigte, und auf einem dem vorigen entgegengesetzten Wege, nämlich durch bloße chemische Analyse, mit sehr geringen Abweichungen ganz auf die nämlichen Resultate geführt wurde, als Vicat, wodurch die alte Theorie des Mörtels über den Haufen geworfen, und die Kenntniß desselben auf einen durchaus neuen Standpunkt gestellt worden ist. Ungeachtet die Abhandlung des Herrn Professor John; „Ueber Kalk und Mörtel im Allgemeinen, nebst Theorie des Mörtels," in jedes denkenden Baumeisters Händen zu seyn verdient, und sich dann die Uebereinstimmung seiner Ansichten mit den in der Abhandlung Vicats aufgestellten von selbst ergiebt, so möge es mir demnach erlaubt seyn, theils, weil die Johnsche Abhandlung, wegen der vielen darin vorkommenden chemischen Untersuchungen, für die Unkundigen in dieser Wissenschaft etwas schwer zu verstehen, theils, weil der Gegenstand an und für sich so wichtig ist, daß er nicht oft genug abgehandelt werden kann, hier nochmals das Ergebniß der Forschungen beider Schriftsteller zusammenzustellen, und die zwischen ihnen vorkommenden Abweichungen etwas näher zu beleuchten. Ich werde hierbei so viel als möglich Johns eigene Worte gebrauchen, um dadurch desto deutlicher die Uebereinstimmung in den beiderseitigen Ansichten zu zeigen, dabei aber blos die von ihnen gezogenen allgemeinen Folgerungen erwähnen, und jedes nochmalige Eingehen in die einzelnen Versuche vermeiden.

John sagt (S. 27.): „Die neuern Chemiker und Architekten waren bisher der Meinung, daß die Mörtelerhärtung eine Regeneration des Kalksteins sei; sie hielten dafür, daß das Kalkhydrat die Feuchtigkeit verliere und Kohlensäure aus der Luft anziehe, und daß die dadurch erhärtete Masse sich an den Sand des Mörtelgemenges und die Oberfläche der Mauersteine fest anlege." Diese Ansicht ist keinesweges unrichtig, aber die Erhärtung des Mörtels erfolgt auf diese Art nur unter gewissen Umständen und in wenigen Fällen, denn wir finden (S. 42.) „in sehr erhärtetem Wassermörtel äußerst wenig Kohlensäure, dagegen Kieselerde, Thonerde und Kalk in einem solchen Verhältniß, daß es scheint, als wenn beide einen gewissen Sättigungsgrad erreicht haben." Die Versuche zeigten (S. 56.) „daß der gemeine Kalkstein durch das Brennen nicht allein seiner Feuchtigkeit und Kohlensäure beraubt werde, sondern daß auch ein Theil des Kalkes mit den höchst feinen, so zu sagen, staubigen Erdtheilen, aus Kiesel, Thon und eigentlichen Metalloxyden, die in dem rohen Kalkstein im Zustande eines sehr innigen Gemenges vorhanden sind, in chemische Verbindung tritt. (S. 58.) Der so beschaffene gebrannte Kalkstein geht nun mit Wasser eine innige, unter dem Namen Kalkhydrat bekannte, Verbindung ein, und diese bildet mit einem Ueberschuß des Wassers den Kalkbrei, welcher für sich, oder mit grobem Sand zur Mörtelmasse gemengt, das Wasser verdunstet und erhärtet; und die erhärtende, tafelspathartige Verbindung aus Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd ꝛc. (welche John das wahre Cement im Mörtel nennt) dient der erhärtenden Masse als das innigste Bindungs- und Verkittungsmittel. Je größer daher die Menge jenes Cements ist, desto härter und vorzüglicher ist auch der Mörtel." Diejenigen Kalkarten nun, die diesen Cement nicht enthalten, d. i. diejenigen, die sehr rein sind, wozu alle sehr fetten Kalke, die Muschelschalen, der Marmor ꝛc. gehören, erhärten also auf diese Art nicht, und können nur dadurch dazu fähig gemacht werden, daß ihnen die zum Cement fehlenden Substanzen vor dem Brennen zugesetzt werden. Hierauf beruht der Vorschlag Vicats, der für die Baukunst in der Folge von dem wichtigsten Einfluß seyn muß, den fetten Kalk, durch Beimischung von Thon und nochmaliges Brennen, in hydraulischen oder solchen Kalk zu verwandeln, der die zu dem

von

von John sogenannten Cement erforderlichen Beimischungen enthält. Es ist höchst bemerkenswerth, daß John denselben Versuch mit demselben Erfolg angestellt hat, und Beiden gebührt daher der Preis dieser wichtigen Entdeckung: denn ungeachtet John in früheren Versuchen mit Austerschalen (S. 64.) durch Zusatz von Thon vor dem Brennen, den Mörtel nicht verbessern konnte, so lag dies, wie es sich in der Folge zeigte, doch blos daran, daß die Austerschalen noch nicht hinlänglich gebrannt und von ihrer Kohlensäure befreit waren. Spätere Versuche (S. 102.) zeigten dagegen deutlich, daß ein Zusatz von Kieselerde oder von Thonerde den Austerschalenkalk in einen vorzüglichen Kalk verwandelte, der sowohl im Wasser, als in der Luft vortrefflich erhärtete. John scheint indessen noch weiter gegangen zu seyn, als Vicat, indem er, wie wir eben gesehen haben, auch durch eine Beimischung von Kieselerde vor dem Brennen, reinen Kalk in hydraulischen verwandelte, während Vicat den Versuch blos mit Thon anstellte. Es läßt sich zugleich hieraus erklären, wie es magern Kalk geben könne, der nicht hydraulisch ist. Es ist dies nämlich solcher Kalk, in welchem viele fremdartige Bestandtheile enthalten sind, aber nicht solche, oder in einem solchen Verhältniß, daß sie einen guten Cement (wie ihn John nennt) zu bilden im Stande wären. Die vorstehenden Thatsachen werden in der Folge für die Baukunst von der fruchtbarsten Anwendung seyn. Wenn nämlich in der Folge durch fernere Untersuchungen ausgemittelt seyn wird, welches das beste Mischungsverhältniß der Grundbestandtheile des hydraulischen Kalkes ist, oder des gleichbedeutenden von John sogenannten Cements (welches Mischungsverhältniß übrigens nach Verschiedenheit des Orts, wo der Kalk angewandt wird, — der Beimischung, die zur Mörtelbereitung hinzugeschlagen wird, — der Beschaffenheit der Mauersteine ꝛc. verschieden seyn muß): so wird man im Stande seyn, jeder Kalkart durch Zusätze und nochmaliges Brennen die gewünschte Beschaffenheit zu geben, indem man, z. B. wie es Vicat und John gethan haben, den fetten Kalken Kiesel und Thonerde zusetzt, den zu magern aber reinen Kalk beimengt. Aus Vicat ergiebt sich vorläufig blos, daß der beste bekannte magere Kalk (von Metz) nur 4 bis 5 Hunderttheile Kieselerde enthält, der auch sehr gute hydraulische Kalk von Senonches dagegen ein Viertheil Kieselerde. Ferner (Vicats Tafel XXV.) daß 100 Theile sehr fetten Kalks von Lanzac und 20 Theile Thonerde den besten künstlichen hydraulischen Mörtel gaben. Endlich erhielt John einen sehr guten magern Kalk von einer Mischung von 100 Theilen Austerschalenpulver und 6 Theilen Kieselsand oder 100 Theilen Austerschalenpulver mit 5 bis 10 Theilen Lehm.

Man wird ferner einsehen lernen (S. 109.) „daß der alte Mörtel oder Schutt eingerissener Gebäude sehr gut benutzt und durch neues Brennen zum vorzüglichsten Mörtel zubereitet werden könne.“

Man sieht, wie wichtig es wäre, ein Mittel zu erfinden, um das zweimalige Brennen des Kalkes zu ersparen, wenn man ihn durch Zusätze von Thon oder Kieselerde in hydraulischen Kalk verwandeln will. Dieser Versuch wäre besonders mit kreideartigem Kalkstein anzustellen.

Endlich leuchtet ein und John spricht sich an mehreren Stellen (S. 86.) darüber aus, daß das Todtbrennen des Kalks nur bei sehr unreinen oder magern Kalksteinarten zu befürchten ist, wo vielleicht eine Verglasung Statt findet, daß aber die Calcinirung wohl nie so weit getrieben wird, daß ein solches Todtbrennen zu befürchten wäre, und es scheint (S. 104.) „daß die sogenannten todtgebrannten Kalksteine entweder gar keine Kalksteine oder eine Art Mergel sind, in welchen eine so geringe Menge Kalks vorhanden ist, daß sie sich auch bei dem schwächsten Brennen nicht löschen, mithin immer jenen Namen erhalten würden.

Was die Löschungsart des Kalks betrifft, und den Einfluß, den sie auf die Güte des Mörtels äußert, so scheinen sich die Erfahrungen darüber aus folgendem allgemeinen Gesichtspunkte auffassen zu lassen. Der Kalk überhaupt und jede Kalkart insbesondere, welche mit Wasser gelöscht wird, ist im Stande, eine bestimmte Quantität desselben in sich aufzunehmen und zu solidificiren. Nun unterscheiden sich die drei Löschungsarten im Wesentlichen dadurch, daß sie mit verschiedenen Quantitäten Wasser den Kalk in einen Brei aufzulösen im Stande sind. (Der Unterschied zwischen der zweiten und dritten Art, der besonders von der Kohlensäure herzurühren scheint, ist noch bestimmter aufzuklären.) Hat der Kalk nun zu viel Wasser aufgenommen, so wird er schlecht erhärten, wenn er nicht Gelegenheit zum Austrocknen erhält. Dies findet vorzüglich beim fetten Kalk Statt. Der magere ist an und für sich wenig geneigt, viel Wasser aufzunehmen, und darum sind die Unterschiede für die Löschungsarten bei den fetten Kalken am größten. Uebrigens wird es ziemlich einerlei seyn, und die von mir angestellten Versuche bestätigen es vollkommen, ob der Mörtel an einen Ort, wo er der Austrocknung nicht ausgesetzt ist, oder ganz unter Wasser zu liegen kommt: denn das Wasser, was ihn im letztern Fall umgiebt, wirkt blos auf die äußere Oberfläche und hat auf das Innere keinen andern Einfluß, als daß es die Ausdünstung hindert.

Die so eben untersuchte Art der Erhärtung des Mörtels wollen wir die Erhärtung durch Verbindung mit dem Cement auf trockenem Wege (nämlich durch Brennen), nennen. Sie kommt, wie schon gesagt, mit dem hydraulischen Kalk Vicats überein.

Wir kommen zu einer zweiten Art der Erhärtung des Mörtels, die wir die Erhärtung durch Verbindung mit dem Cement auf dem nassen Wege, nennen wollen. Schon John wurde durch seine früheren Versuche auf die Meinung geführt (S. 43.) „daß der durch das Löschen des Kalks entstehende Kalkbrei bald einen Theil Kieselerde und Thon des Sandes auflöse und damit eine chemische Verbindung eingehe und so eine Art künstlicher Tafelspathmasse bilde.“ Um diese Ansicht zu prüfen, legte er in einen Brei von sehr scharf gebranntem Kalk mehrere Krystalle (S. 45.) konnte aber nach Verlauf eines halben Jahres nicht die geringste Auflösung derselben durch den Kalk entdecken. Ein anderer Versuch mit Granaten gab kein besseres Resultat. Er schloß daraus, daß die früher vermuthete Verbindung des Kalks mit dem Cemente auf dem nassen Wege nicht Statt finde und gründete darauf die Behauptung (S. 92.) „daß die gewöhnlichen Ansichten von der Verbesserung des Mörtels einzig durch Zuschläge nach dem Brennen, worauf man ein vermeintliches Geheimniß der Alten bei Bereitung des Mörtels gründen wollte, falsch seyen. Daß gestoßene Ziegelscherben die Mörtelmasse verbessern könnten, schien ihm aus dem Grunde sehr wahrscheinlich, weil es das Ansehn gewinnt, als wenn die Kalktheilchen in die Poren der kleinen Steinchen eindringen und das Ganze mehr befestigen könnten; allein die Erfahrung bestätigte dieses nicht, denn er überzeugte sich, daß ein solcher Mörtel nicht von demjenigen abweiche, welcher aus einem Gemenge von grobkörnigem Sande bereitet ist. Selbst an römischem Mörtel fand er dies bestätigt.“ Er sieht daher (S. 96.), wie früher schon andere Chemiker, „die Gemengtheile im Mörtelbrei blos als etwas Passives an, die einzig dazu dienen, die Masse zu vermehren, damit der Mörtel aller Orten, ohne Kalkverschwendung, die Lücken und Unebenheiten des Mauerwerks ausfülle.“ Er schreibt die größere Härte des Mörtels, die durch Zusätze von Pozzolanen, Traß rc. bewirkt wird, blos der Porosität dieser Beimischungen zu und hält auch diese Wirkung für sehr gering, wenn diese Körper völlig von dem Wasser durchdrungen sind und der Zufluß des Wassers fortwährt; „weswegen auch frische Mauerspeise mit Traß oder Ziegelscherben-

pulver in strömendem Wasser eben so leicht zerfällt, als Sandmörtelbrei." Er ist daher der Meinung (S. 111.) „daß jede Art steinige Masse, welche mit ätzendem Kalk adhärirt, sowohl in Pulver- als Körnerform zur Mörtelbereitung dienen könne, wenn man sie in dem Verhältniß beimengt, daß die Continuität der Kalktheilchen nicht unterbrochen wird. Lokalverhältnisse können zwar oft solchen Zuschlägen, welche die Feuchtigkeit stark absorbiren, z. B. Pozzellane, Traß, Ziegelfragmente rc. den Vorzug vor nicht das Wasser absorbirenden Zuschlägen, namentlich Quarzkörner, Sand, Schlacken rc. geben, allein im Allgemeinen sind eher letztere als erstere vorzuziehen."

Dieser Ansicht kann ich durchaus nicht beistimmen, und sie wird durch zahlreiche Thatsachen hinreichend widerlegt. Obgleich ich kein Chemiker bin, so scheint mir doch ein bedeutender Unterschied obzuwalten, zwischen den Substanzen, mit denen John seine Versuche angestellt hat, und auf welche der Kalk keine chemische Einwirkung zu haben scheint, als: Krystalle, Granaten, gestoßenes Glas, Quarzsand rc. und denen, die gewöhnlich als Cement gebraucht werden, als Ziegelmehl, Pozzolane, Traß, Steinkohlenasche, gebrannter Schiefer rc. Besonders ist es bemerkenswerth, daß alle diese letzteren Substanzen entweder vulcanischen Ursprungs oder kalcinirt sind. Wollte man aber auch diesen Einwurf nicht gelten lassen, so wird die Sache durch die zahlreichen Versuche Vicats und meine eigenen ganz außer Zweifel gesetzt. Wenn diese Cemente blos in so fern wirkten, daß sie das Wasser einsaugten, wie würde es sich erklären lassen, daß oft Cemente, die weniger poröse sind, bessern Wassermörtel geben, als andere härtere? wie wäre es möglich, daß solche Unterschiede durch die Beimischung eines Cements bewirkt würden, wie ich in meinen Versuchen gefunden habe, wo Mischungen mit Ziegelmehl und Mainzer Kalk durchaus schlechten oder ganz unbrauchbaren Mörtel, Mischungen von Mainzer Kalk und Traß aber, Mörtel von bedeutender Festigkeit gaben, und wie sich auch ferner aus allen übrigen Versuchen mit Quarzsand ergiebt, die sowohl bei Vicat als bei mir, in Verbindung mit fetten Kalken sehr schlechte Resultate gaben, während durch Beimischung von Cementen vorzügliche Mörtel gebildet wurden? Endlich habe ich bei meinen Versuchen Thatsachen bemerkt, die in dieser Hinsicht entscheidend sind. Die Mischung von bloßem Quarzsand mit Trierschem Kalk (No. 14.) zwei Jahre lang im Wasser aufbewahrt, gab sehr geringe Resultate, als sie aus dem Wasser genommen wurde: dagegen fand sich bei den sehr festen Mischungen mit Traß, nachdem sie schon über einen Monat außer dem Wasser gelegen hatten, das Innere sehr feucht (No. 1. 3. 6. 9. 10.), ja bei dem Traßmörtel mit Mainzer Kalk (No. 33. 34. 35.) war das Innere nicht bloß feucht, sondern wirklich naß, d. h. das Wasser war wie Thau auf der Bruchfläche zu bemerken, und dennoch hatte dieser Mörtel eine bedeutende Festigkeit (im Durchschnitt 34 Pfund auf 1 □Zoll Bruchfläche bei 1 Zoll Hebelarm des Gewichts). Hier war also ein Ueberschuß von Wasser, das der Traß nicht absorbirt hatte, und dennoch eine größere Festigkeit als bei anderen trocknern Mörteln von demselben Kalk, aber ohne Cementbeimischung.

Unter diesen Umständen scheint mir die Verbindung des Kalks mit dem Cement auf dem nassen Wege erwiesen, und John würde wahrscheinlich Gelegenheit gehabt haben, sie ebenfalls zu bemerken, wenn er mehrere Versuche mit Cementen angestellt hätte. Vicat spricht sich hierüber in einem späteren Aufsatz in den Annales de Chimie und Physique, wo er eine kurze Beurtheilung des Johnschen Werks giebt, eben so darüber aus. (Annales de Chimie et Physique 1822. Janvier p. 15.). Er sagt:

„Ich weiß nicht, ob ich mich darauf einlassen soll, den 6ten Artikel (siehe das Johnsche Werk S. 111.) ernstlich zu widerlegen, denn das Einzige, was hierbei einige Schwierigkeit machen könnte, ist die große Menge von Beweisen gegen die in diesem Artikel aufgestellte Behauptung. Es giebt unbezweifelt feste Körper, die das Wasser eben so begierig einsaugen, als Ziegelmehl und Pozzolanerde; diese Substanzen müßten nun, nach Herrn John, eine ähnliche Wirkung hervorbringen; es müßte demnach eine Mischung von gestoßenen Kohlen und fettem Kalk im Wasser vollkommen erhärten. Ferner müßte jeder Cement, der vorher bis zur Sättigung mit Wasser angefeuchtet und dann mit einem fetten Kalk zu Mörtel verarbeitet wäre, sich eben so verhalten wie gewöhnlicher Sand; und doch zeigt sich hierbei gerade das Gegentheil."

„In einem Memoire, welches ich den 1sten Februar 1819 der Akademie der Wissenschaften vorlas, — habe ich angeführt, daß eine gelinde Calcination die Kiesel- und Thonerde geschickt mache, sich innig mit dem Kalk zu verbinden. Die Versuche, die ich zum Beweise meiner Behauptung anführte, sind durch mehrere Ingenieure wiederholt worden und haben sich allgemein bestätigt. Man muß jedoch zugeben, daß diese Wirkung sich nur im Wasser recht äußert, und daß die aus diesen Substanzen bereiteten Mörtel durch die Berührung mit der freien Luft ihre Härte nach und nach unmerklich verlieren. Vielleicht hat Herr John seine Cemente blos zur Anfertigung von Luftmörtel gebraucht, und dann ließe sich sein Irrthum leicht erklären."

„Vicat läßt sich in diesem Aufsatz auch über die unter No. 5. Seite 110. aufgestellte Behauptung des Johnschen Werkes aus, daß nämlich die Güte des Kalks in dem Verhältniß abnimmt, in welchem die Kalkatome Kohlensäure enthalten, sei es durch schlechtes Brennen, oder durch lange Berührung mit der Luft. Er sagt: „Diese Behauptung ist mit ganz neuen, so vervielfältigten und außer Zweifel gesetzten Thatsachen in Widerspruch, daß ich sie durchaus bestreiten muß. Ich bin der Erste gewesen, der die Meinung geäußert hat, daß ein fetter Kalk, der an der Luft zerfällt und ein Jahr in einem bedeckten, den Winden nicht ausgesetzten Ort, ihrer Wirkung ausgesetzt bleibt, weit bessere Resultate giebt, als wenn er auf die gewöhnliche Art gelöscht wird. Diese Behauptung gründete sich auf 150, auf verschiedene Art angestellte Versuche. Neuerdings, sechs Jahre nach meinen ersten Untersuchungen, habe ich mit Mörtelstücken, die ich zu dem Ende aufgehoben hatte, neue Versuche angestellt und gefunden, daß die Festigkeit des mit gewöhnlich gelöschtem Kalk bereiteten Mörtels 190,7 und des mit an der Luft zerfallnem Kalk bereiteten Mörtels 2500 war. Wie ist dies mit dem vorgeblich nachtheiligen Einfluß der Berührung der Luft, auf den nach dem dritten Verfahren gelöschten Kalk zu vereinigen?"

„Es ist wahr, alle bisher über diesen Punkt als wahr angenommenen Sätze sprechen für Herrn John; ja man kann vermuthen, daß diese fast allgemeine Uebereinstimmung der bisherigen Ansichten über diesen Punkt den geschickten deutschen Chemiker veranlaßt hat, die Sache nicht mit dem seltenen Scharfsinn zu untersuchen, der sonst überall in seinem Werke sich an den Tag legt; denn in der That findet man in seinem ganzen Memoire keinen Versuch angeführt, der auf diesen besonderen Punkt Bezug hätte."

Herr Vicat schließt damit, daß er sagt: „ich kann diese kurze Darstellung des Johnschen Werks nicht endigen, ohne das angenehme Gefühl auszudrücken, welches ich darüber empfinde, daß die Thatsachen, die ich 1818 bekannt gemacht habe, durch die Arbeit eines ausgezeichneten deutschen Chemikers so überzeugend bestätigt worden sind; denn Herr John hat ein von dem meinigen ganz entgegen-

gesetztes Verfahren eingeschlagen. Nach dieser neuen Gewährleistung für die Zweckmäßigkeit meiner Vorschläge wird sich die Regierung vielleicht veranlaßt finden, die Anwendung des fetten Kalks bei allen öffentlichen Arbeiten, und vorzüglich bei allen Fundamentirungen zu verbieten. Möchte die von Herrn John aufgeführte Thatsache (daß nämlich bei Niederreißung eines der Pfeiler der Petrikirche in Berlin, von 27 Fuß Dicke, sich im Innern des Gemäuers der Mörtel so frisch fand, als wenn er erst einige Tage zuvor mit den Mauersteinen in Verbindung getreten wäre (S. 59.), in dieser Hinsicht recht bald eine Bestimmung veranlassen."

Uebrigens habe ich schon früher bemerkt, daß es unpassend scheint, einen Cement kräftiger als den andern zu nennen, da, wie aus Vicats Versuchen erhellt, manche Cemente für eine Art Kalk und andere wieder für andere passender sind. Dies hängt unfehlbar von den fremdartigen, dem Kalk beigemischten Substanzen ab, und ein ganz reiner Kalk wird einen andern Cement erfordern, als ein Kalk, der schon mit andern Bestandtheilen gemischt ist. Es wäre wichtig, diesen Gegenstand näher zu untersuchen und namentlich das beste Mischungsverhältniß zwischen Kalk und den übrigen Theilen des Cements aufzufinden.

Sowohl John (S. 60.) als Vicat haben die Bemerkung gemacht, und meine Versuche bestätigen es, daß das Wasser aus dem mit Cementen angefertigten Mörtel einen Theil des Kalks auflöse und wegführe. Dies müssen nothwendig diejenigen Kalktheilchen seyn, die nicht in unmittelbare Berührung mit dem Cemente gekommen sind, und also mit demselben keine chemische Verbindung haben eingehen können. Außerdem bemerkte ich in den Mörtelstücken, von frisch gelöschtem Kalk bereitet, immer eine Menge kleiner Kalkkörner, die nicht ganz aufgelöset waren. Es erhellt hieraus die Nothwendigkeit, den Mörtel möglichst durchzuarbeiten und zu mischen, um die Bestandtheile desselben möglichst nahe und gleichförmig mit einander in Berührung zu bringen. Wir wissen, daß Vicat durch fortgesetztes Durcharbeiten des Mörtels ein auffallend größeres Resultat erhielt. Wahrscheinlich würde ein Zusammenmahlen der den Mörtel bildenden Substanzen auf einer Mühle, denselben bedeutend verbessern.

Man sieht ein, daß diejenigen Steine sich am besten mit dem Mörtel verbinden werden, auf die der Kalk wie auf einen Cement chemisch wirkt, oder, mit andern Worten, die Aehnlichkeit mit den Cementen haben. Die Erfahrung scheint dies zu bestätigen.

Welchen Einfluß die beim Löschen gebrauchte Quantität Wasser auf die Güte des Mörtels mit Cement äußert, ergiebt sich aus Vicat. Der Grund scheint zum Theil in der mindern oder größern Auflösung des Kalks, zum Theil in dem Hinderniß zu liegen, welches nothwendig zu vieles Wasser dem Erhärten entgegen setzen muß, wenn es nicht austrocknen kann. In Mörteln dagegen, wo eine Austrocknung Statt findet, scheint die größere oder geringere Quantität Wasser von geringerm Einfluß zu seyn.

Ich habe schon früher erwähnt, daß die Natur der Dinge vermuthen läßt, und daß meine Versuche unumstößlich beweisen, daß Mörtel mit Cement, auf dem nassen Wege verbunden, auch für Mauern an der Luft von vorzüglicher Brauchbarkeit ist. Man kann nicht zweifeln, daß dieser Umstand vorzüglich die Ursache von der Vortrefflichkeit der römischen Mörtel ist. Man höre nur, was Hirt, nach Vitruv, in seiner Baukunst nach den Grundsätzen der Alten, darüber sagt, und man wird finden, daß sie fast immer mit Absicht, oder weil die Natur ihnen nur solches Material in die Hände gab, sich der Cemente zu ihrer Mörtelbereitung bedienten:

„Vor dem Gebrauch muß der Kalk mit anderen Materien, wozu er eine besondere Annäherung

zeigt, gemischt werden. Diese sind: die verschiedenen Sandarten, die vulkanischen Produkte: als die Pozzolane, der Karbunkel und der Traß, weiter die zerstoßenen Ziegelsteine und der Marmorstaub. Unter den Sandarten ist der Grubensand, sey er schwärzlich, grau oder röthlich, der beste. Der Sand muß frisch gegraben seyn, und nicht lange an der Luft frei gelegen haben, denn durch die Einwirkung der Sonne, des Mondes und des Reifs, wird er aufgelöset und erdig. Ein solcher Sand ist nicht nur zu den Mauern, sondern auch zur festen Bindung der Gewölbe anwendbar; er trocknet und bindet schnell. Aber wegen dieser Heftigkeit des Schnellbindens taugt er nicht für den Anwurf, indem er dadurch Risse verursacht."

„Besser für den Anwurf taugt der aus dem Kiese geschiedene Flußsand wegen seiner Magerkeit. Aber zum Vermauern ist er weniger gut, er trocknet langsam und wenn man während der Construktion den Mauern keine Ruhezeit zur Austrocknung läßt, so leiden die Wände keine große Beschwerung. Auch ist es nicht rathsam, ihn zur Construktion der Gewölbe zu gebrauchen. Noch weniger taugt der Meersand, hauptsächlich wegen seiner salzigen Schärfe, welche aus den Mauern in den Anwurf dringt und ihn auflöset. Man darf von dem Fluß- und Meersand nur zwei Theile zu einem Theil Kalk mischen. Man kann aber diese beiden Sandarten verbessern, wenn man ihnen ein Drittheil zerstoßenen Ziegel beimengt."

„Unter den vulkanischen Produkten, die anstatt des Sandes mit dem Kalke gemischt werden, rühmt Vitruv, und mit und nach ihm Strabo und Plinius, die Erde von Puteoli, jetzt Pozzolane genannt, hauptsächlich deswegen, weil sie, mit Kalk und Bruchstein vermischt, unter dem Wasser zu Stein erhärtet und gegen die anströmenden Wellen des Meeres aushält."

„Zu verwundern ist es jedoch, daß weder Vitruv, noch ein anderer alter Schriftsteller von dem vulkanischen Sande um Rom Meldung thun, da er dieselben Eigenschaften in eben dem Grade hat, wie der Sand in den Gegenden von Bajä, Puzzuoli und dem Vesuv. Die Sache befremdet um so mehr, da Vitruv die Steinarten in den Gegenden um Rom so trefflich angiebt. Sollte man in seiner Zeit die Eigenschaft der römischen Pozzolane, mit Kalk und Bruchsteinen vermischt, unter dem Wasser unauflösbar zu seyn, noch nicht gekannt haben? aber wir sehen ja noch Ueberreste von Wasserbauten in Rom selbst, wobei man sich der Pozzolane, und zwar der römischen bediente: denn diese ist erkennbar dadurch, daß sie röthlich ist, dahingegen die von Puzzuoli, welche ihr den Namen gab, grau aussieht. Wahrscheinlich versteht Vitruv unter dem röthlichen Grubensand keinen andern, als die römische Pozzolane. Auch bezeugt Palladius, daß der röthliche Grubensand den Vorzug vor dem andern behaupte."

„Außer den vulkanischen Produkten kann man statt des Sandes auch die zerstoßenen Backsteine mit dem Kalk zu einem trefflichen Mörtel mischen. Man mischte die Ziegelsplitter auch zu einem Drittheil mit dem Sande, wenn dieser, wie der Fluß- und Mauersand, von magerer und feuchter Beschaffenheit war, um dadurch dem Mörtel mehr Festigkeit zu geben, und das schnellere Binden und Trocknen der Mauern während des Baues zu befördern. Man bereitete auch einen Mörtel aus Kalk und aus den Körnern oder Splitterchen von zerstoßenem Marmor, allein man bediente sich desselben blos zum Ueberzug der Anwürfe und zu den Stuckaturarbeiten."

Wir haben jetzt die Erhärtung des Mörtels in Verbindung mit einem Cement betrachtet; sie kann aber auch ohne denselben Statt finden. Der reine Kalk ohne Cement (fette Kalk), mit Wasser

vermischt, trocknet nach und nach aus und bildet eine feste Masse, oder das trockne Kalkhydrat. Dieser Fall tritt jedesmal dann ein, wenn der Kalk mit einer Substanz gemischt ist, auf die er nicht chemisch einwirkt. Hierher gehört vor Allem der Quarzsand, der aus diesem Grunde, nach Vicats und meinen Versuchen, der schlechteste von allen Sandarten ist; ferner der zerriebene Kalksteinstaub, der, nach Johns Versuchen, auch nur als Beimischung dient, folglich auch wahrscheinlich der Marmorstaub, dessen sich die Alten bei ihren Verputzarbeiten bedienten. Das Kalkhydrat bildet indessen nur immer eine schwammartige weiche Masse, die, nach Vicats Versuchen (d. h. bei künstlichen durch Feuer ausgetrockneten Hydraten), nur bei sehr fetten Kalken und im Zustande gänzlicher Trockenheit eine bedeutende Festigkeit erhält. Diese Festigkeit muß aber nothwendig durch die Beimischung fremder Bestandtheile vermindert werden, und deswegen finden wir, daß in allen Versuchen Mörtel von fettem Kalk und bloßem Quarzsand, so schlechte Resultate geben. Da überdem, wenn sie eine gewisse Consistenz erhalten sollen, eine völlige Trockenheit Statt finden muß, und diese fast nie bei Gebäuden zu erlangen ist, theils weil eine gänzliche Austrocknung im Innern unmöglich ist, theils weil die äußern Theile gewöhnlich vom Regen bespült werden; und da, nach Vicats Versuchen, das Hydrat von fettem Kalk im Wasser auflöslich ist: so sieht man leicht ein, daß man auf solchen Mörtel nie rechnen kann. Man findet daher so oft in alten dicken Mauern noch ganz frischen käseartigen Mörtel. Man lasse sich übrigens nicht dadurch täuschen, daß oft Mörtelstücke von fettem Kalk und Quarzsand eine ziemliche Consistenz haben. Diese Stücke sind gewöhnlich ganz ausgetrocknet, was in den Mauern sehr selten Statt findet, und beweisen daher nichts. Auch untersuche man bei solchen Mörtelstücken mit Kiessand genau, ob sie nicht hydraulischen Kalk enthalten, ob nicht noch andere Sandtheile beigemischt sind, die dem Cement sich nähern, und endlich ob sie keine Kohlensäure aufgenommen haben: denn alle diese Ursachen wirken, wie wir gesehen haben und noch sehen werden, auf die Festigkeit des Mörtels ein. Endlich beweisen Versuche, blos mit der Hand oder der Spitzhaue angestellt, nichts. Schlechter Mörtel von Kiessand kann wegen der darin enthaltenen Steinchen oft hart scheinen, wenn man ihn zu zerbrechen sucht, oder wenn er mit Instrumenten abgeschlagen werden soll. Nur allein auf dem von Vicat angegebenen Wege kann man einen sichern Schluß über seine Festigkeit ziehen und ihn mit andern Mörtelarten vergleichen.

Man sieht übrigens leicht ein, daß die Größe und Beschaffenheit der Sandkörner, ob sie rauh oder rund sind, hier eben so wie in den frühern Fällen einen merklichen Einfluß ausüben müsse, was auch Vicats Versuche bestätigen. Eben so hat derselbe gefunden, daß die Löschungsart einen großen Einfluß darauf äußert, und namentlich die erste Löschungsart die besten Resultate giebt, wahrscheinlich weil sie den Kalk am besten und innigsten mit dem Wasser verbindet. Was übrigens das Aufbewahren des gelöschten Kalkes in Gruben für einen Einfluß habe, ist noch nicht genau ermittelt. Man glaubte früher in der Regel, daß es vortheilhaft sey: indessen sind die Meinungen doch immer sehr getheilt darüber gewesen. John verwirft es deswegen, weil der Kalk in schlecht verschlossenen Gruben Kohlensäure an sich zieht und dadurch die Fähigkeit verliert, durch Verbindung derselben späterhin zu erhärten, was wir weiter unten näher betrachten werden. Außerdem scheint es bei hydraulischen Kalken, daß dieselben nothwendig einen Theil des Wassers solidificiren, und daß dadurch der Kalkbrei derber werden muß. Wird er hernach zu Mörtel bereitet, so muß neues Wasser zugegossen werden, und da die Erhärtung des Kalks mittelst des Cements schon in der Grube erfolgt

ist, so muß nothwendig ein sehr schlechter Mörtel daraus entstehen. Dies scheint auch der Grund zu seyn, warum man z. B. den trierschen Kalk, der etwas hydraulisch ist oder einigen natürlichen Cement besitzt, nicht in Gruben ablöscht. Die Maurer sagen nämlich, es geschehe, weil er in der Grube erhärte. Es läßt sich hieraus vermuthen, daß nur bei sehr fettem Kalk die Einsümpfung ohne Nachtheil seyn werde, aber es läßt sich durchaus nicht einsehen, wie dieselbe zu einer Verbesserung des Mörtels beitragen könne. Höchstens wird der Kalk durchs Wasser besser aufgelöset, dies kann aber auch in einem Zeitraum von ein paar Tagen geschehen.

Da ferner das Kalkhydrat nach dem Austrocknen ein viel geringeres Volumen einnimmt (welches theils daraus erhellt, daß, nach Vicat, das Hydrat nur $\frac{1}{4}$ seines Gewichts gegen ungelöschten Kalk gewinnt, ferner aus der bekannten Erfahrung, daß sehr fetter Mörtel eine Menge Risse bekommt): so wird schon aus diesem Grunde Mörtel von fettem Kalk mit Quarzsand oder anderm von Kalk nicht auflösbarem Sand, immer sehr schlechte und unbrauchbare Resultate geben, besonders wenn der Kalk nach der ersten Art gelöscht oder eingesümpft ist, wo er natürlich mit einer sehr bedeutenden Quantität Wasser verbunden ist. Es ist leicht einzusehen, daß alles so eben Gesagte auch bei dem sogenannten Sparkalke Statt finden werde, der mit Lehm bereitet ist, um an Kalk zu sparen. Meine Versuche zeigen, daß er ganz zu verwerfen und ohne allen Werth ist.

Es giebt indeß einen Fall, wo auch solcher Mörtel von fettem Kalk und Quarzsand sehr gute Resultate giebt, nämlich: wenn er sich mit Kohlensäure verbinden kann. Man war bisher der Meinung, daß dies die einzige Art der Erhärtung des Mörtels sey, und erst durch Vicats und Johns Untersuchungen ist man hierüber eines Bessern belehrt worden. Ohne hier die vielfältigen Versuche zu wiederholen, die von Beiden angestellt sind, und die Erhärtung des Kalkes ohne Kohlensäure beweisen, will ich nur den entscheidenden Versuch Johns erwähnen, der in dem festesten Wassermörtel nur eine sehr unbedeutende Quantität Kohlensäure vorfand.

Da indessen die Kohlensäure nur sehr langsam in das Mauerwerk eindringt, so verbindet sie sich stets nur mit den äußern Theilen des Mörtels, und das Innere einer nur etwas dicken Mauer, so wie die Fundamente gewinnen durch sie gar nichts oder nur sehr wenig. Johns und Vicats mehrfache Versuche beweisen dies hinlänglich. Man kann also nur in sehr wenig Fällen auf die Wirkung derselben rechnen, und diese Wirkung, wenn sie von einiger Bedeutung seyn soll, tritt erst nach Verlauf von vielen Jahrzehnden ein. Daher kommt es, daß Mauern, die im Aeußern noch ein sehr gutes Ansehen haben und wo die Mauerfugen einen sehr guten Mörtel zeigen, im Innern doch oft ganz aufgelöset und ohne Verbindung sind. Bei jedem Mauerbewurf indeß wird die Kohlensäure stets eine bedeutende Rolle spielen, und für diesen scheint der fette oder reine Kalk von vorzüglicher Anwendung zu seyn. Versuche hierüber fehlen indeß noch ganz.

Es ergiebt sich also aus dem Vorhergehenden, daß nur der Cement dem Mörtel eine bedeutende Festigkeit geben kann, ferner, daß auf die Wirkung der Kohlensäure sehr wenig zu rechnen ist, endlich, daß Mörtel von fettem Kalk und Kiessand nichts tauge. Wir haben aber auch gesehen, daß die Feuchtigkeit dem Cementmörtel keineswegs nachtheilig ist, da er selbst im Wasser erhärtet, und um den Mörtel mit Kohlensäure zu verbinden, ist eine abwechselnde Feuchtigkeit und Trockenheit der Mauern, oder die Wirkung der Witterung, vorzüglich geeignet; weswegen wir auch oft an alten Gebäuden die jeder Witterung ausgesetzten Mauerfugen mit so festem Mörtel ausgefüllt finden, (John

S. 71.) Man sieht also, daß nur für Mauerwerk von fettem Kalk mit Quarzsand, wo die Festigkeit des Mörtels blos von der Trockenheit des Hydrats abhängt, und der unter allen Umständen schlecht bleibt, die Feuchtigkeit nachtheilig seyn kann, und daß man daher sehr Unrecht hat, wenn man bei besserm Mörtel die Austrocknung auf alle mögliche Art zu befördern, oder wenigstens die Feuchtigkeit möglichst abzuhalten sucht.

Nachdem ich nun die Art und Weise, wie die Erhärtung des Mörtels erfolgen kann, aus einander gesetzt habe, will ich nur noch bemerken, daß ich keinesweges habe behaupten wollen, daß nur immer eine dieser verschiedenen Erhärtungsarten im Mörtel Statt finde: im Gegentheil wird es selten einen Mörtel geben, dessen Erhärtung nicht auf alle vier Arten zugleich erfolgt. Es giebt keinen Kalkstein, der nicht von selbst einigen Cement enthielte; oft sind in dem Sande cementartige Bestandtheile enthalten, die sich mit dem Kalk auf nassem Wege verbinden; in den kleinen Zwischenräumen zwischen dem Sande werden in den meisten Mörteln Kalktheilchen bleiben, die bloßes Hydrat bilden; die Kohlensäure endlich wird in größerer oder geringerer Menge in jeden Mörtel eindringen.

Wenn ich hier die Hauptsätze von dem Gebrauch des Mörtel nochmals aus einander gesetzt habe, ungeachtet dieselben schon bei Vicat und John aufzufinden waren, so geschah es blos, um die Sache möglichst ins Licht zu stellen, da die Lehre vom Mörtel zu wichtig ist, als daß nicht jede Verbesserung darin verdiente, möglichst schnell bekannt zu werden. Wenn man bedenkt, daß dies Material dem Staate für seine öffentlichen Bauten jährlich Hunderttausende von Thalern kostet, und daß von ihm die Festigkeit der Bauten vorzüglich abhängt, daß daher durch guten Mörtel im Laufe der Jahre viele Millionen an Reparaturen und Neubauten gespart werden können: dann wird man eingestehen, daß dieser Gegenstand der sorgfältigsten Prüfung werth ist.

Ich habe das Wichtigste über diesen Gegenstand übersichtlich aus einander gesetzt; ich bin aber keinesweges der Meinung, daß dadurch alle Erscheinungen, die sich bei den Versuchen und auch in der gewöhnlichen Praxis zeigen, erklärt sind. Es bleiben im Gegentheil noch eine Menge Versuche und Beobachtungen anzustellen, um die Theorie des Mörtels vollständig aufzuklären, und außerdem ist es durchaus nothwendig, daß für jeden Ort mit den daselbst zur Anwendung kommenden Mörtel-Materialien ausführliche Versuche angestellt werden. Es sey mir zum Schluß noch erlaubt, die Fragen kürzlich aufzustellen, deren Beantwortung neue Versuche über diesen Gegenstand vorzüglich zum Zweck haben müßten.

In Hinsicht der Art und Weise, wie der Mörtel dem Versuch zu unterwerfen ist:

Liegt die Verschiedenheit in den Resultaten ein und desselben Probestücks an der Ungleichheit der Masse im Innern oder an der Unvollkommenheit der Vorrichtung?

Ist der Widerstand gegen das Zerbrechen genau den Quadraten der Höhen der Bruchfläche proportional?

In Hinsicht der Beschaffenheit des Kalks.

Welches ist das beste Mischungsverhältniß der Grundbestandtheile des hydraulischen Kalkes?

Ist Kieselerde oder Thonerde der wesentliche Bestandtheil, oder kann dieselbe noch durch andere Oxyde ersetzt werden?

Lassen sich kreideartige und mergelartige Kalke ohne zweimaliges Brennen in brauchbaren hydraulischen Kalk verwandeln?

Können durch einen gewissen Grad des Brennens dem Kalke hydraulische Eigenschaften gegeben werden?

Wird der Kalk durch zu heftiges Brennen wirklich todt gebrannt, oder erhält er, wie Vicats Versuch zeigt, dadurch die Eigenschaft, in Wasser nicht aufzugehen, aber pulverisirt und zu einem Teige geknetet, unter Wasser zu erhärten; oder haben auf diesen Versuch andere Umstände eingewirkt?

Können den fetten Kalken durch langes Liegen an der Luft einige hydraulische Eigenschaften gegeben werden?

In Hinsicht der Cemente:

Welches sind die wesentlichen Bestandtheile der Cemente, die dem Kalk auf nassem Wege beigemischt werden?

Eignen sich wirklich die kräftigsten Cemente für die erste Löschungsart am besten und die schwächsten für die beiden letztern?

Eignen sich für sehr hydraulische Kalke die sogenannten kräftigen Cemente weniger als die schwächern?

In Hinsicht des Mörtels selbst.

Ist das sogenannte Verbrennen des Kalks beim Löschen von nachtheiligem Einfluß?

Welches ist der wesentliche Unterschied zwischen der zweiten und dritten Löschungsart?

Sind die Wirkungen der verschiedenen Löschungsarten für verschiedene Kalke unter allen Umständen wirklich so, wie bei Vicats Versuchen?

Hat die möglichst weit getriebene Pulverisation und Durcharbeitung des Mörtels wirklich den vermutheten wesentlichen Einfluß?

Welche Wirkung hat das lange Einsümpfen des Kalks?

Welches sind die wesentlichen Bedingungen eines Mörtels, der dem Frost gut widerstehen soll?

Welcher Mörtel ist für den Verputz am besten?

Welcher Verputzmörtel hält am besten am Stein?

Giebt es wirklich hydraulischen Mörtel, der dem Wasser undurchdringlich wird, und für sich allein die Feuchtigkeit vollständig abzuhalten vermag?

Werden die Kalkhydrate von fettem Kalk wirklich vom Wasser aufgelöset? und widerstehen ihm die Hydrate von hydraulischem Kalk?

Dringt die Kohlensäure wirklich leichter in die Hydrate von hydraulischem Kalk, als in die von fettem?

Wie verhält sich die Zunahme der Festigkeit bei den verschiedenen Mörteln im 4ten, 5ten und den folgenden Jahren?

Wie groß ist das Eintrocknen des Mörtels und Setzen der Mauern und Gewölbe für die verschiedenen Kalkarten, und in welcher Zeit tritt das Ende dieser Wirkung ein?

Findet vielleicht nach Verlauf von Jahrzehnden oder Jahrhunderten eine chemische Wirkung des fetten Kalks auf Quarzsand statt?

Welche Rolle spielt die Kohlensäure bei der dritten Löschungsart und überhaupt im frischen Mörtel?

In Hinsicht der in Coblenz zur Anwendung kommenden Mörtelmaterialien.

Welches ist das beste Mischungsverhältniß zwischen Kalk und Bimsteinsand?

Giebt vielleicht Bimsteinsand mit frischgelöschtem Mainzer Kalk guten Mörtel?

Welches ist die beste Mischung zwischen Kiessand, Traß und Trierschem Kalk?

Welches ist das beste Verhältniß zwischen Ziegelmehl und Mainzer oder Trierschem Kalk?

Eignet sich der Traßmörtel auch für solche Theile der Mauern, wo er der Luft ausgesetzt ist; oder ist er an denselben nicht anwendbar?

Sind vielleicht andere vulkanische Substanzen der Gegend wohlfeiler und eben so gut wie Traß, als Cement zu benutzen?

Tabelle I.

Nummer des Mörtels	Der Kalk ist in … gepackt ist. Wo … auf die hier übl… tauchung …	Bemerkungen. …e hier mit einer Klammer eingeschlossenen Versuche Nr. 20 bis 27. kamen nicht, die andern, 40 Stunden, sondern erst 64 Stunden nach ihrer Zubereitung ins Wasser.
1.	100 Theile Kalk	
2.	100 —	
3.	100 —	Resultat B war ∇ und $= 26,3$, die trocknen Theile schienen eine geringere Consistenz haben.
4.	100 —	…örtel wurde schon den 23. Juni bereitet und bis zum 6. Juli täglich nach Zugießung erforderlichen Wassers mit einem eisernen Werkzeug durchgearbeitet. Er schien, als …us dem Wasser genommen wurde, sehr fest zu seyn; war sehr klüftig und spröde, die …chfläche sehr unregelmäßig, daher die Resultate ohne Zweifel so gering. Die trocknen
5.	100 —	…ile schienen eine geringere Festigkeit zu haben.
6.	100 —	…cknen Theile schienen eine geringere Festigkeit zu haben.
7.	100 —	Resultat $Z = 70$; drittes Resultat $Z = 63$; drittes Resultat $B = 31,5$; Vier- Resultat $B = 25,8$. Der Kalk hatte schon 4 — 5 Monate im Schuppen gelegen, …er gelöscht wurde. Der Kalkbrei war etwas dünn.
8.	100 —	
9.	100 —	…lk zum Mörtel kam eben frisch vom Schiff.
10.	100 —	…örtel wurde schon den 23. Juni bereitet und bis zum 6. Juli täglich, nach Zugießung erforderlichen Wassers, mit einem eisernen Werkzeug tüchtig durchgearbeitet. Die …nen Theile schienen eine geringere Consistenz zu haben.
11.	100 —	
12.	100 —	Resultat B war ∇; drittes Resultat $B = 34,9$. Sehr klüftig im Innern. Bruch- …e sehr unregelmäßig. Die Trockenheit schien hier zur Festigkeit beizutragen.
13.	100 —	Resultat B war ∇.
14.	100 —	…örtel war etwas dünn gerathen und enthielt etwas zu viel Wasser.
15.	100 —	
16.	100 —	…im Innern.
17.	100 —	Resultat $B = 18,5$. Im Bruch war der Bimstein gebrochen, daher die Consistenz eigentlichen Mörtels größer. Der Kalk hatte schon 4 — 5 Monate im Schuppen …en. Der Kalkbrei war etwas dünn.
18.	100 überschwe…	…and war mit lehmigen Theilen und kleinen Steinen vermischt. Ohne Zweifel war … ein Versehen kein Traß zu der Mischung gekommen; sonst wäre die Festigkeit …er gewesen. Der Kalk hatte schon 4 — 5 Monate im Schuppen gelegen, der …brei war etwas dünn gerathen.
19.	100 verbrannt…	…lk wurde beim Löschen gleich ganz mit Wasser bedeckt.
20.	100 alter Kal…	Resultat $B = 22,5$. Auf den Kalk wurde beim Löschen nur wenig Wasser gegossen …er liegen gelassen während 3 Stunden, bis er ganz gelb war. Dann erst wurde …er zugegossen und der Mörtel bereitet.
21.	100 —	…tat Z weich wie Käse; Resultat B nicht gesucht.
22.	100 —	…es Resultat $B = 17,9$.
23.	50 —	…es Resultat $B = 20,0$.
24.	100 frischer K…	…es Resultat $B = 16,0$. Es waren viel Kalkkörner im Bruch zu bemerken. Der …alk ist wahrscheinlich ziemlich frisch gewesen.
25.	66 —	…Mischung wurde ganz warm, als sie schon in den hölzernen Kasten gethan war, worin … ins Wasser gesenkt wurde. Der Kalk, der gestampft wurde, war noch nicht lange …m Schiff gekommen.
26.	50 —	…aren viele Kalkkörner im Bruch zu bemerken. Kalkstaub wie vorgehend ziemlich …sch; der Kalk ist wahrscheinlich auch ziemlich frisch gewesen.
27.	33 —	…aren viele Kalkkörner im Bruch zu bemerken. Kalkstaub wie vorgehend ziemlich frisch; …r Kalk ist wahrscheinlich auch ziemlich frisch gewesen. …aren viele Kalkkörner im Bruch zu bemerken. Kalkstaub wie vorgehend ziemlich …sch; der Kalk ist wahrscheinlich auch ziemlich frisch gewesen.

Grube abgelöscht gelegen hatte. Der Mörtel blieb
sgesetzt.

Bemerkungen.
spröde. Zerbrach unter dem Versuch.
trockner Sand. Etwas fester als die übrigen von ähnlicher Beschaffenheit.
trockner Sand. Darin ein fester Kern, von dem der Versuch gilt.
trockner Sand.
trockner Sand. Etwas fester als die übrigen von ähnlicher Beschaffenheit.
trockner fester Sand.
trockner fester Sand.
trockner fester Sand.
trockner fester Sand.
trockner fester Sand.
r erst 16 Monate alt. Sehr geringe Consistenz, etwa wie Lehm.
trockner fester Sand.
trockner fester Sand.
er fester Sand. Etwas fester als die übrigen von ähnlicher Beschaffenheit.

Nummer des Probestücks.	Bezei	Bemerkungen.
152.	Sehr fester und gu	
153.	Ziegel von mittelm	
154.	Ziegel von mittelm	ß die Resultate für das Zerreißen so viel größer sind, als sich vermuthen ließ im Verhältniß des Widerstandes gegen das Zerbrechen, rührt wohl daher, daß der Ziegel ein etwas blättriges Gefüge hatte. Daher wirkte der Druck des Gewichts beim Zerreißen wahrscheinlich anders, als beim Zerbrechen.
155.	Ziegel von mittelm	ultat f. ist nicht genau richtig, weil die Maschine etwas nachgab. ultat l. gilt für eine Bruchfläche, die der flachen Seite des Ziegels parallel war. ultat d. gilt für eine Rißfläche, die der flachen Seite des Ziegels parallel war. übrigen Riß- und Bruchflächen standen alle auf der flachen Seite des Ziegels senkrecht.
156.	Ziegel von mittelm	
157.	Mörtel aus einer einsand.	
158.	Mörtel aus Rav. einsand vom Trierschen Kalk.	
7.	Wasser-Mörtel (S stets im Wasser	
	Derselbe hierauf an im Wasser, 40	war bei diesen Versuchen im Innern noch nicht trocken, sondern hatte ein graues Ansehen.
	Derselbe hierauf an aufbewahrt	war nun beinahe ganz trocken im Innern.

* * * *

Nachdem die vorstehenden zwei Abschnitte schon vollendet waren, erschien in Petersburg ein neues Werk unter dem Titel:

Traité sur l'art de faire de bons mortiers et Notions pratiques, pour en bien diriger l'emploi, précédé d'expériences récentes faites sur les chaux de France et de Russie par Raucourt de Charleville, ancien élève de l'école polytechnique et Ingénieur des Ponts et chaussées de France; Lieutenant Colonel des Voies de Communications, et Professeur de Construction à l'institut de ce Corps; Membre de la société des Sciences, Belles-lettres et Arts du Département du Var etc. St. Petersbourg de l'Imprimerie des Voies de Communications. 1822.

Da dieses Werk eine vollständige Bestätigung der Vicatschen Versuche und die Anwendung derselben im Großen enthält, so schien ein Auszug aus demselben hier am Ort zu seyn. Um indeß jede Weitläufigkeit zu vermeiden, hat sich der Uebersetzer keine Bemerkungen dazu erlaubt, da Jeder, der das Vorhergehende mit Aufmerksamkeit gelesen hat, ohne Schwierigkeit wird beurtheilen können, wo die Behauptungen und Erfahrungen des Verfassers zu Zweifeln Veranlassung geben, und wie denselben etwa zu begegnen ist. Ob man übrigens in den nachfolgenden Versuchen dieselbe Pünktlichkeit und überzeugende Consequenz wieder finden wird, die man den Vicatschen nicht ableugnen kann, muß dem Leser zu beurtheilen überlassen bleiben. So viel ist indeß gewiß, daß dies Werk immer einen sehr schätzbaren Beitrag zur Lehre vom Mörtel liefert, indem es nicht blos die Vicatschen Versuche bestätigt, sondern auch ihre Anwendbarkeit im Großen überzeugend darthut, und zugleich mehrere neue Aufschlüsse, namentlich über die Bereitung des künstlichen hydraulischen Kalkes giebt, die in dem Vicatschen Werke mangeln. Es dürfte daher dieser Auszug aus demselben vielleicht von einigem Nutzen seyn.

Versuche im Großen mit verschiedenen Kalkarten aus der Provence.

Angestellt in den Jahren 1819 und 1820.

Vicat's Versuche über den Mörtel waren so eben bekannt geworden, und ich war Zeuge der gerechten Lobsprüche gewesen, welche ihm der Verwaltungsrath des Straßen- und Brückenbau's in Frankreich nach Anhörung seines Werkes und nach Besichtigung der von ihm in hydraulischen Kalk verwandelten gemeinen Kalkarten aus der Umgegend von Paris, ertheilt hatte. Ich war so glücklich, durch meine Anstellung bei den Hafenarbeiten von Toulon Gelegenheit zu erhalten, seine Verfahrungsart im Großen in Ausübung zu bringen. Da mir die Ausführung mehrerer Wasserbauten zu Theil wurde, so suchte ich, nach Vicat's Angabe, mich des Gebrauchs der Pozzolanerde dabei zu entheben. Ich ließ den an der Luft zerfallnen Kalk mit Thonerde und Wasser mischen und im Ofen brennen, und erhielt gleich beim ersten Versuch einen guten hydraulischen Kalk, der rein sowohl, als mit Meersand gemischt, nach 8 bis 10 Tagen sehr gut im Wasser erhärtete. Von diesem Augenblick an bediente man sich im Hafen blos dieses künstlichen hydraulischen Kalks, und ein Volumen Mörtel, das sonst dem Staat 100 Franks kostete, kam dadurch nur bis auf 4 bis 5 Franken zu stehen.

Ich beschloß nun Vicats Versuche im Großen zu wiederholen, und der Erfolg bestätigte alle seine Angaben.

In der Gegend von Toulon findet sich am häufigsten ein gemeiner Kalk, bisweilen von einiger hydraulischen Eigenschaft, in der Regel aber fett. Er enthält auf 96 Theile kohlensauren Kalks 2 Theile Kieselerde und 1,5 Theil Eisenoxyd (Verlust beim Versuch 0,5). Reiner Kalk sind darin 54 Theile enthalten.

Die Thonerde, die ihm beigemischt wurde, um ihn in hydraulischen Kalk zu verwandeln, enthielt 55 Kieselerde, 38 reine Thonerde und 7 Eisenoxyd.

Man setzte dem Kalk in der Regel $\frac{1}{6}$ Thonerde zu. Ein Zusatz von $\frac{1}{9}$ Thonerde gab einen nur sehr schwach hydraulischen Kalk. Eine Zuthat von Thon von mehr als $\frac{1}{6}$ machte den Kalk sehr hydraulisch, aber auch sehr mager und dadurch sehr kostspielig. Dieser letztere Punkt ist überhaupt bei der Anwendung im Großen von bedeutendem Einfluß, denn je mehr Thonerde man dem Kalk zusetzt, desto schwerer wird die Bearbeitung desselben, und desto weniger Sand kann man ihm in der Folge beimischen. Daher wird man, der Kosten halber, an Stellen, wo das Mauerwerk weniger zu leiden hat, künstlichen hydraulischen Kalk von geringerer Güte anwenden können.

Ich stellte nun Versuche an, um zu erfahren, wie sich die Festigkeit des mit natürlicher Pozzolanerde bereiteten Mörtels, zur Festigkeit des Mörtels von künstlichem hydraulischen Kalk mit bloßem Sand verhielte.

Es wurden bei jedem Brand im Kalkofen eine Menge Mischungen von Kalk mit verschiedenen Quantitäten Thonerde gebrannt, und hierauf mehrere Mörtelmischungen theils von dem so gewonnenen hydraulischen Kalk, mit verschiedenen Mengen Sand und natürlicher Pozzolanerde, theils von gemeinem fetten Kalk mit natürlicher Pozzolanerde bereitet, und dieselben dann zwei- bis dreimal im Monat, in großen durchlöcherten Kasten ins Meer gesenkt. Nach zwei Jahren hatte man mehrere Hundert solcher Proben, die 10 bis 15 Tage im Alter von einander verschieden waren.

Mischungen von derselben Beschaffenheit wurden auf gleiche Art in süßes Wasser gethan, um den Einfluß des Seewassers auf den Mörtel daraus entnehmen zu können.

Endlich wurden von diesen Mischungen kleine Proben in einer Cisterne aufbewahrt, um zu sehen, ob der Unterschied der Massen einen Einfluß auf die Resultate äußern würde.

Nach 21 Monaten wurden alle diese Kasten aus dem Meer genommen und mit einer sehr scharfen Stahlspitze untersucht, auf welche ein bestimmtes Gewicht regelmäßig herabfiel. Folgendes sind die Resultate:

Hydraulischer Kalk aus gemeinem fetten Kalk und $\frac{1}{6}$ Thonerde (lag ohne weitern Zusatz 21 Monat im Wasser). Es drang die Spitze ein

in den Kalk selbst, als er eben aus dem Wasser kam	10 Theile,
in eine Mischung von 3 Theilen Kalk und 1 Theil Sand eben so	9 —
— — — 3 — — 2 — — —	8 —
— — — 1 — — 1 — — —	4,5 —
— — — 1 — — 1 Theil Pozzolanerde	7 —
— — — 1 — — 2 — — —	8 —
— — — 1 Theil gewöhnlichen Kalk und 1 Theil Pozzolanerde .	6 —

in gewöhnlichen weichen Kalkstein . . . . 5 Theile,
in gewöhnlichen weichen Kalkstein, nachdem derselbe einen Tag im Wasser gelegen hatte, 7 Theile.
Die hydraulischen Mörtelmischungen verlieren ein bis zwei Fünftheile ihrer Widerstandsfähigkeit, wenn man sie anfeuchtet.

Der gemeine, auf gewöhnliche Art gelöschte, Kalk fand sich nach 21 Monaten in einem breiartigen Zustand, während er, als man ihn ins Wasser that, eine teigartige Consistenz hatte.

Derselbe Kalk, durch Zerfallen an der Luft gelöscht, hatte angefangen, steif zu werden.

Derselbe an der Luft zerfallne Kalk, aber dann noch 8 Monat der Wirkung der freien Luft ausgesetzt, war gut erstarrt.

Mischungen von gemeinem Kalk und Pozzolanerde waren alle am sechsten bis achten Tage steif geworden.

Künstlicher hydraulischer Kalk (mit $\frac{1}{5}$ Thonerde bereitet) erhielt dieselbe Steifigkeit erst den 10ten oder 15ten Tag, er mochte rein oder mit Sand gemischt seyn.

Der reine hydraulische Kalk erstarrte manchmal schneller, als wenn er mit Sand gemischt war; aber diese letztern Mischungen erhielten mit der Zeit mehr Festigkeit.

Die Mörtel von künstlichem hydraulischen Kalk und Sand hatten, nachdem sie 6 Monat im Wasser gelegen, fast dieselbe Festigkeit, wie die Mörtel mit natürlicher Pozzolanerde; nach 15 Monaten war beider Festigkeit gleich, und nach 21 Monaten war die Festigkeit des Sandmörtels größer.

Die natürliche Pozzolanerde gab mit gemeinem Kalk bessern Mörtel, als mit künstlichem hydraulischen.

Der Mörtel mit künstlichem hydraulischen Kalk hat mehr Festigkeit, als der in der Provence als Haustein gebrauchte weiche Kalkstein.

Die Resultate im süßen und im Meerwasser waren ganz gleich.

Die Versuche mit kleinen Proben, die man in einer Cisterne aufbewahrt hatte, waren im Allgemeinen etwas weniger fest, als die im Großen gemachten Proben.

Nachdem der hydraulische Mörtel einige Tage an der Luft gelegen hatte, und etwas ausgetrocknet war, nahm seine Festigkeit um ein Drittheil zu.

Mehrere bedeutende Anomalien, die sich zeigten, muß man hauptsächlich den Fehlern der Bearbeitung zuschreiben, von denen wir weiter unten noch mehr sagen werden. Man muß in dieser Hinsicht große Sorgfalt anwenden.

Es wurden mit diesem künstlichen hydraulischen Kalk eine Menge bedeutender Fundamentirungen unter Wasser ausgeführt, und da sie den Erwartungen entsprachen, so beschloß die Marine sowohl als das Kriegsdepartement, daß, ohne Ausnahme, die Fundamentirungen unter Wasser in der Folge nur mit künstlichem hydraulischen Kalk gemacht werden sollten.

Versuche mit verschiedenen Kalkarten in Rußland.

Als ich die Versuche über die verschiedenen Kalkarten Rußlands übernahm, ließ Sr. Excellenz, der General von Betancourt, Kalksteine aus verschiedenen, ziemlich weit von der Hauptstadt entfernten, Gegenden kommen. Indessen beschränkten sich meine Untersuchungen hauptsächlich auf vier Kalk-

arten aus der Gegend von Petersburg, nämlich zwei Arten von Narva, eine dritte von den Ufern des Ladogasees, und die vierte von Tolsna; theils weil dieselben zur Anwendung eben wegen ihrer Nähe bei Petersburg am geeignetsten sind, theils weil zufällig diese 4 Arten Kalk eine Reihefolge vom fettesten gemeinen bis zum magern vorzüglich hydraulischen Kalk bildeten.

Die erste Art, die wir mit dem Buchstaben G bezeichnen wollen, aus der Gegend von Narva, verschluckte drei bis drei und ein halbmal ihr Gewicht an Wasser, und gehört daher zu den sehr fetten Kalken.

Die zweite Art (die wir mit H^1 bezeichnen), von den Ufern des Ladogasees, nahm zwei und ein halbmal ihr Gewicht an Wasser auf, und gehört daher zu den mittlern gemeinen Kalken. Wenn man mit diesem Kalk die von Vicat vorgeschriebene Probe unternahm, so blieb er zwölf Tage unter Wasser, in demselben breiartigen Zustande; mehrere Proben von demselben indessen nahmen, theils rein, theils mit Sand gemischt, einige Festigkeit an, nachdem sie anderthalb Monat und länger im Wasser gelegen hatten. Daher kann man diesen Kalk zu den wenig hydraulischen Kalken rechnen.

Der dritte Kalk H^2 von Tolsna sog zwei und ein Viertheil seines Gewichts Wasser ein, und gehört daher zu den magern Kalken. Stellte man ebenfalls die von Vicat angegebene Probe mit ihm an, so erstarrte er unter Wasser den achten Tag, und gehört daher zu den hydraulischen Kalken.

Der vierte sehr magere Kalk von Narva (den wir mit H^3 bezeichnen) nahm ein und zwei Fünftheil seines Gewichts Wasser auf. Unter dem Wasser lieferte er eine ganz besondere Erscheinung; ein Theil nämlich lösete sich nicht auf, sondern blieb Stein, ungeachtet man ihn mehrere Tage unter Wasser gelassen hatte. Der festgebliebene Theil wurde zerstoßen, und eben so wie der übrige aufgelösete Theil mit Wasser bedeckt. Der erstere wurde in zwei Tagen steif, der aufgelösete breiartige dagegen erst den zehnten Tag. Man stellte noch einen andern Versuch mit ihm an, indem man ihn pulverisirte, ehe er gelöscht war, und dann einen ziemlich derben Teig daraus bildete, der sofort mit Wasser bedeckt wurde, und den zweiten Tag erstarrte. Daraus schloß man, daß dieser Kalk H^3 vorzüglich hydraulisch und von der besten Art sey. Man fand ferner, daß er sehr schwer zu bearbeiten sey, weil er, wenn man ihn nur um weniges mit zu viel Wasser mischte, einen Theil seiner Eigenschaften verlor, und einige Tage später hart zu werden anfing. Bei einem Versuch der Art blieb er sogar zwei Monate in einem mit Wasser angefüllten Gefäß, ohne steif zu werden. Dies erfolgte indeß doch mit der Zeit.

Der Kalkstein G, von ziemlich feinem Korn, ist aus der obern Schicht der im nördlichen Rußland sich vorfindenden Kalklager entnommen, hat eine weiße, bisweilen etwas graue, bisweilen etwas röthliche Farbe, einen reinen muschelartigen Bruch, und enthält krystallisirte Theile. Seine Festigkeit beträgt (die Festigkeit des gut gebrannten Ziegels zu 12 angenommen) 16. Seine specifische Schwere 2,60. Seine Bestandtheile sind:

kohlensaurer Kalk . .	92,00
Thonerde	5,80
Wasser und Verlust .	2,20
	100,00
Davon ist reiner Kalk	52,00

Der Kalkstein H^1 findet sich am Ufer eines Sees, enthält viele kleine Muscheln, hat ein ziem-

lich grobes Korn, und ist aus Theilen von einer etwas röthlichen und einer mattdunkelgelben Farbe zusammengesetzt; sein Bruch ist beinahe splitterig. Festigkeit 25. Specifische Schwere 2,62. Zusammensetzung:

kohlensaurer Kalk	84,00
Kieselerde	10,00
Alaunerde und Eisenoxyd .	4,00
Wasser und Verlust . .	2,00
	100,00
Davon ist reiner Kalk .	48,00

Der Kalkstein H^2 hat ein grobes Korn, schiefrigen Bruch und eine ziegelrothe Farbe. Festigkeit 28. Specifische Schwere 2,69. Zusammensetzung:

kohlensaurer Kalk	78,00
Kieselerde	9,00
Eisenoxyd und Alaunerde .	6,00
Wasser und Verlust . .	7,00
	100,00
Davon ist reiner Kalk .	44,00

Der Kalkstein H^3 von feinem und ziemlich gleichförmigem Korn hat gewöhnlich eine dunkelgraue Farbe, mit einigen undeutlichen rothen Adern; seine Masse scheint aus einer Menge kleiner unregelmäßiger Kristalle zusammengesetzt. Sein Bruch ist splitterig. Festigkeit 18. Specifische Schwer 2,42. Zusammensetzung:

kohlensaurer Kalk	37,80
Kalk	26,20
Magnesia	10,00
Alaunerde und Eisenoxyd .	5,60
Kieselerde	15,80
Wasser und Verlust . .	4,60
	100,00
Hiervon ist reiner Kalk .	47,00

Beim Brennen verlieren die Kalksteine in der Regel $\frac{2}{5}$ bis $\frac{1}{2}$ ihres Gewichts. Je kleiner die Stücke sind, in je kürzerer Zeit wird der Kalk gebrannt. Unter gleichen Umständen ließ sich der Kalk H^1 am schwersten brennen. Vielleicht sind die darin enthaltenen Muscheln daran schuld, aus denen sich, wie bekannt, die Kohlensäure sehr schwer heraustreiben läßt.

Wurden diese Kalkarten gleich nach ihrem Austritt aus dem Ofen auf die gewöhnliche Art gelöscht, so verschluckte der

Kalk	G	$3\frac{1}{4}$ Theile seines Gewichts an Wasser, und seine Masse betrug nun	$3\frac{1}{2}$
—	H^1	$2\frac{1}{2}$ — — — — — — —	3
—	H^2	2 — — — — — — —	$2\frac{1}{4}$
—	H^3	1^1 — — — — — — —	$1\frac{1}{2}$

Wurden sie erst gelöscht, nachdem sie vorher ein Paar Tage an der Luft gelegen, so betrug die Zunahme ihres Gewichts nur ⅔ des so eben angegebenen.

Löschte man diese Kalkarten durch Eintauchung, so zerfielen sie in Staub, aus dem man durch Hinzufügung von Wasser eine Art Teig bildete. Nimmt man das anfängliche Volumen und Gewicht = 1 an, so betrug für den

Kalk	das Gewicht des Staubs	das Volumen des Staubs	Gewicht des Teiges	Volumen des Teiges
Kalk G	$1\frac{1}{6}$	3	$2\frac{7}{8}$	$2\frac{4}{7}$
— H^1	$1\frac{1}{5}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{6}$	$2\frac{1}{7}$
— H^2	$1\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{5}$	$2\frac{1}{5}$	$2\frac{1}{5}$
— H^3	$1\frac{1}{3}$	2	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{5}{7}$

Daß diese verschiedenen Kalkarten ziemlich einerlei Menge Wassers aufnehmen, rührt daher, daß sie gleich lange Zeit im Wasser eingetaucht blieben, folglich nicht so viel aufnahmen, als sie aufzunehmen fähig waren. Die Zunahme des Volumens ist bei der zweiten Löschungsart viel geringer, als bei der ersten gewöhnlichen.

Jede von diesen 4 Kalkarten wurde auf gewöhnliche Art (nach dem ersten Verfahren) gelöscht, mit verschiedenen Mengen Sand gemischt und sogleich mit Wasser bedeckt. Der Erfolg war nachstehender.

Die von dem Kalk G bereiteten Mörtel verloren im Wasser ihre Festigkeit, wurden flüssig, und erlangten in der Folge keinen größern Zusammenhang.

Von den mit dem Kalk H^1 bereiteten Mörteln trugen diejenigen, die mit $2\frac{1}{3}$ ihres Volumens Sand gemischt waren, zuerst einen Stahlstift von ½ Linie Durchmesser ohne Spitze und mit 1 Pfund belastet, ohne merklichen Eindruck, und zwar nach funfzehn bis zwanzig Tagen.

Die mit H^2 bereiteten Mörtel trugen den Stahlstift nach 6 bis 10 Tagen, wenn der Zusatz Sand zwei Mal ihr Volumen betrug.

Endlich der Mörtel von H^3 trug den Stahlstift in 4 bis 6 Tagen, wenn er aus Kalk und Sand zu gleichen Theilen bestand. Die andern Mischungsverhältnisse gaben Mörtel, die nicht so schnell die Stahlspitze trugen.

Dieselben Versuche wurden nochmals angestellt, aber der Kalk dabei nach dem zweiten Verfahreu (durch Eintauchung) gelöscht.

Die Mörtelmischungen vom Kalk G blieben ohne Zusammenhang.

Die Mörtel vom Kalk H^1 erstarrten eher, als bei der ersten Löschungsart; bestes Mischungsverhältniß 1 : $2\frac{1}{3}$.

Die Mörtel H^2 und H^3 verloren durch die zweite Löschungsart, und trugen die Stahlspitze einige Tage später.

Wurde der Kalk nach dem dritten Verfahren gelöscht (daß man ihn an der Luft zerfallen ließ), so gewann der Kalk H^1 ein wenig dadurch, ohne jedoch jemals die Stahlspitze zu tragen, die übrigen drei aber verloren.

Durch eine mündliche Mittheilung des Herrn Vicat wußte ich, daß man nach seinen Versuchen einen vortrefflichen künstlichen Cement erhält, wenn man pulverisirte Thonerde 10 bis 20 Minuten auf einem glühenden Eisenblech liegen läßt, und daß dieser Cement viel besser und wohlfeiler ist, als jede

jede Art gewöhnliches Ziegelmehl. Ich selbst fand dies bestätigt, mit dem Unterschied, daß man die Thonerde 15 bis 25 Minuten der Wirkung des Feuers ausgesetzt lassen muß, und daß sie, wenn dieser Zeitraum verlängert oder verkürzt wird, weniger Kraft hat. Auch macht die Beschaffenheit der Thonerde hierbei einen Unterschied. Die eisenhaltige ist vorzuziehen. Wenn man den Kalk nach dem ersten und zweiten Verfahren löschte, so erstarrte

der Kalk G nach 6 bis 8 Tagen, wenn er 2 Theile Cement und 1 Theil Kalk enthielt,
und nach 8 bis 10 Tagen, wenn er enthielt 1 Kalk, 1 Cement, 1 Sand.

Der Kalk H^1 trug die Spitze nach 8 bis 10 Tagen, bei einer Mischung von 1 Kalk, 2 Cement,
und nach 12 bis 18 Tagen bei 1 Kalk, 1 Cement, 1 Sand;
(im letztern Fall vermehrte also der Cement seine hydraulische Eigenschaft fast gar nicht.)

Der Kalk H^2 erstarrte in 12 bis 15 Tagen, bei 1 Kalk, 2 Cement,
und in 8 bis 12 Tagen, bei 1 Kalk, 1 Cement, 1 Sand.

Der Kalk H^3 verliert an seiner Güte, wenn man ihn mit dem künstlichen Cement oder feinem Sand mischt.

Man löschte ferner diese Kalkarten nach dem dritten Verfahren, mischte sie mit der Hälfte bis ein Funfzehntheil ihres Volumens Thonerde (alles im pulverisirten Zustande gemessen), bildete daraus einen Teig durch Hinzufügung einer hinlänglichen Menge Wassers, ließ sie gut austrocknen und dann noch einmal gerade wie gewöhnliche Kalksteine brennen, und behandelte sie dann wie hydraulische Kalke, indem man Mörtel daraus bereitete.

Der Kalk G erstarrte im Wasser nach 1 bis 2 Tagen, wenn er mit $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$ Thonerde gemischt war.

Bei einem geringern Zusatz von Thonerde erstarrte er später, und zwar mit $\frac{1}{6}$ Thonerde erst nach 15 Tagen. Die Zuthat von Sand, die den besten Mörtel giebt, erhellt aus den vorhergehenden Versuchen, indem der Kalk G durch die verschiedene Menge des zugesetzten Thones, wie wir eben gesehen, nach und nach die Eigenschaften des Kalkes H^1, H^2 und H^3 annimmt.

Indessen muß man wohl bemerken, daß ein Kalk desto weniger Sand bei der Mörtelbereitung aufnimmt, je mehr hydraulisch er ist.

Der Kalk H^1 gab ziemlich dieselben Resultate wie der Kalk G.

Der Kalk H^2 erstarrte in 1 bis 2 Tagen, bei einer Beimischung von $\frac{1}{6}$ Thonerde,
und in 5 bis 8 Tagen, bei einer Beimischung von $\frac{1}{3}$ Thonerde.

Der Kalk H^3 erstarrte in 1 bis 4 Tagen, bei einer Beimischung von $\frac{1}{15}$ Thonerde, und gewann also nichts dadurch.

Das Resultat zahlreicher mit diesen Mischungen angestellter Versuche war folgendes.

Die hydraulischen Eigenschaften des Kalks G und H^1 nahmen nach Verhältniß zu, je nachdem die Beimischung von $\frac{1}{15}$ bis 1 Theil Thonerde vermehrt wurde. Mischte man noch mehr Thonerde bei, so nahm ihre Güte ab.

Der Kalk H^2 nahm nur an Güte zu, bis zur Beimischung von $\frac{1}{4}$ Thonerde. Mit $\frac{1}{3}$ Thonerde gewann er nichts mehr, und mit $\frac{1}{2}$ Theil Thonerde war er weniger hydraulisch als im natürlichen Zustande.

Der Kalk H^3 gewann nichts durch eine Beimischung von Thonerde; wohl aber verlor er merklich, wenn man ihm mehr als $\frac{1}{15}$ zusetzte.

Für jede Kalkart giebt es also ein bestimmtes Mischungsverhältniß zwischen Kalk und Thonerde, bei dem man den besten hydraulischen Kalk erhält.

Zugleich machte ich die Bemerkung, daß, je besser das Mischungsverhältniß war, desto gleichförmiger erfolgte die Erhärtung der ganzen Masse. War indeß der Kalk wenig hydraulisch, und die beigemischten künstlichen Cemente von geringerer Güte, so erweichten sich die dem Wasser ausgesetzten Theile der Mörtelmasse, und bildeten eine Schicht, die leicht von fließendem Wasser abgespült werden konnte.

Im Allgemeinen bemerkte man, daß bei wenig hydraulischen Kalken, die Hinzufügung von Sand das Erstarren beförderte, bei sehr hydraulischen Kalken aber das Gegentheil statt fand. Indessen gewinnt bei einem zweckmäßigen Mischungsverhältniß der mit Sand gemischte Kalk mit der Zeit immer gegen den reinen Kalk. Auch fand man, daß bei reinem Kalk derjenige immer der festeste wurde, der zuerst erstarrte; ist aber Sand darunter gemischt, so ist dieser Satz nicht allgemein anwendbar.

Um den Einfluß des Brennens auf den künstlichen hydraulischen Kalk kennen zu lernen, wurden die 4 Kalkarten mit den für sie passendsten Mengen Thon vermischt und verschiedenen Graden des Brennens unterworfen, und man fand, daß die Mischungen von G und H^1 schneller als die andern erhärteten, wenn sie gut gebrannt waren, bei den Mischungen mit H^2 und H^3 dagegen die weniger gebrannten Proben am ersten das Stahlstäbchen trugen.

Neue Versuche, die man anstellte, indem man dem Kalk H^2 und H^3 etwas weniger, dem Kalk G und H^1 etwas mehr Thonerde zusetzte, gaben den vorigen gerade entgegen gesetzte Resultate. Es scheint daher, daß ein höherer Grad des Brennens dieselbe Wirkung hervorbringt, als die Hinzufügung von etwas Thonerde. Andere Versuche ergaben, daß, wenn man den künstlichen hydraulischen Kalken eine kleine Quantität reinen Kalk zusetzte, diejenigen Kalke, die nicht das für sie passendste Maximum von Thonerde hatten, dadurch an Güte verloren, diejenigen dagegen, die durch zu viel Thonerde ihrer hydraulischen Eigenschaften verlustig gegangen waren, dieselben dadurch wieder erhielten.

Der Einfluß der Bearbeitung war sehr bedeutend; eine geringe Menge Wassers zu viel in dem Mörtel, machte denselben weich oder gar flüssig.

Die vorstehenden Angaben sind das Ergebniß von wohl 1500 Versuchen, die Tag für Tag beobachtet wurden; eine Arbeit, die viel Zeit und Aufmerksamkeit forderte.

Eine Menge andere Versuche, mit Kalkarten aus verschiedenen Provinzen Rußlands, haben allgemein mit dem Vorigen übereinstimmende Resultate gegeben.

Die Ansicht, die man bisher von den obigen vier Kalkarten hatte, ist sehr abweichend von der, zu welcher die obigen Versuche führen. In Narva betrachtete man den Kalk G als sehr gut und bringt ihn vorzugsweise in Anwendung, während der sehr hydraulische Kalk H^3 ganz hintenan gesetzt wird. Eben so hält man den Kalk von Tolsna in Petersburg für einen ziemlich guten Kalk, aber ohne hydraulische Fähigkeit, und hebt ihn lange Zeit in Gruben auf, während er nach meinen Versuchen in wenig Tagen, sowohl an freier Luft als im Wasser, erhärtete. Dieser Unterschied kann nur durch eine falsche Bearbeitungsart veranlaßt seyn. Uebrigens ist es kein Wunder,

daß man die fetten, obgleich schlechtern Kalke vorzieht, indem sie weit mehr Mörtel geben und daher viel wohlfeiler sind, als die magern hydraulischen.

Ich habe zum Vergleich Versuche mit Mörteln angestellt, die nach der gewöhnlichen Verfahrungsart der Maurer bereitet waren, und gefunden, daß dieselben an der Luft 8 bis 10 Mal weniger fest waren, als die zweckmäßig bereiteten, und daß sie im Wasser, selbst in einem langen Zeitraum nicht erhärteten, während sie bei Anwendung eines bessern Verfahrens in 4 bis 6 Tagen erstarrten.

Es blieben nun noch mehrere Punkte zweifelhaft, die in der Anwendung im Großen von Wichtigkeit sind, und zu deren Aufklärung die nachstehenden Versuche angestellt wurden.

Es kann Fälle geben, wo die Anwendung künstlicher Cemente zweckmäßiger ist, als die Anfertigung von künstlichem hydraulischen Kalk. Die Thatsache, daß pulverisirter Thon, auf einer Eisenplatte geröstet, einen weit bessern Cement giebt, als gewöhnliches Ziegelmehl, ließ schließen, daß der Hinzutritt der Luft eine wesentliche Bedingung sey, um guten Cement zu erhalten, und zugleich vermuthen, daß bei Anfertigung künstlicher hydraulischer Kalke die Einwirkung der Luft von eben so wesentlichem Einfluß seyn werde; und zwar in beiden Fällen durch die Veränderung, die sie während des Brennens in den Oxyden der Cemente hervorbringen muß. Um dies näher zu untersuchen, wurden mehrere Arten gemeinen Kalkes, die man an der Luft hatte zerfallen lassen, mit der für sie geeignetsten Menge Thonerde gemischt, mit Hinzufügung von Wasser zu einem Teig geknetet und bis zur Dicke eines halben Zolles ausgebreitet, und die Hälfte davon der freien Luft ausgesetzt, die andere Hälfte aber an einen frischen Ort gelegt, so daß nach Verlauf von einigen Stunden die erstern ganz trocken, die letztern aber noch feucht waren. Jede von den beiden Proben wurde nun in zwölf Theile getheilt, um sie beide unter folgenden zwölf verschiedenen Umständen brennen zu können.

Vier Theile der an der Luft getrockneten Probe wurden bis zur Größe einer Erbse klein gemacht, und dann der erste Theil $\frac{1}{4}$ Stunde lang, der zweite $\frac{1}{2}$ Stunde lang u. s. w. auf eine glühende Eisenplatte, von einer Linie Dicke ungefähr, liegen gelassen.

Die andern vier Theile blieben ebenfalls $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1 ganze Stunde in einem bis zum Glühen erhitzten Ofen, in welchem die Luft frei cirkuliren konnte.

Die letzten vier Theile endlich wurden zwischen Holzkohlen gebrannt.

Man mischte die so gebrannten Proben sodann mit Wasser, und bemerkte die dabei stattfindende Farbenveränderung, eben so wie die entwickelte Wärme. Nachdem sie hierauf den ersten Grad von Erhärtung erlangt hatten, wurden sie mit Wasser bedeckt, und der Augenblick ihres Steifwerdens sorgfältig beobachtet. Das Ergebniß zeigt folgende Tabelle:

Nummer.	Dauer des Brennens.	Farbe nach dem Brennen.	Consistenz der Probestücke.	Verminderung des Volumens, die Dicke der Tafeln als Einheit genommen.	Entwickelte Wärme.	Zeit, binnen welcher die Versuche erstarrten.
Wenn die Probestücke auf einer glühenden Eisenplatte gebrannt wurden.						
1.	$\frac{1}{4}$ Stunde.	Ziegelfarben.	Zerreiblich.		Keine.	3 Tage.
2.	$\frac{1}{2}$ —	dunkler.	desgleichen.		unmerklich.	12 Stunden.
3.	$\frac{3}{4}$ —	desgleichen.	noch feiner.		desgleichen.	1 Tag.
4.	1 —	Schwarzroth.	desgleichen.		wenig.	4 Tage.
Wenn die Proben im Ofen gebrannt wurden.						
5.	$\frac{1}{4}$ Stunde.	Gelblich.	Zerreiblich.	$\frac{1}{10}$.	Ziemlich viel.	2 Tage.
6.	$\frac{1}{2}$ —	desgleichen.	desgleichen.	$\frac{2}{10}$.	mehr.	15 Stunden.
7.	$\frac{3}{4}$ —	röthlich.	weniger.	fast $\frac{3}{10}$.	ziemlich.	10 Tage.
8.	1 —	Hellgelb.	desgleichen.	$\frac{3}{10}$.	wenig.	15 Tage.
Wenn die Proben zwischen Holzkohlen gebrannt wurden.						
9.	$\frac{1}{4}$ Stunde.	Hellgelb.	Zerreiblich.	Mehr als $\frac{1}{10}$.	Viel.	1 Monat.
10.	$\frac{1}{2}$ —	Dunkelgelb.	hart.	$\frac{4}{10}$.	wenig.	niemals.
11.	$\frac{3}{4}$ —	Grünlich gelb.	sehr hart.	$\frac{5}{10}$.	desgleichen.	desgleichen.
12.	1 —	desgleichen.	verglaset.	desgleichen.	unmerklich.	desgleichen.

Der Kalk war vor dem Brennen blaß rosenfarbig und fest, und erhärtete gar nicht im Wasser.

Die Veränderungen der Farbe zeigen, daß das in den Proben enthaltene Eisen durch alle Grade der Oxydation gegangen ist. Ferner sieht man, daß eine Verglasung sowohl des Kalks als der künstlichen Cemente, nachtheilig ist. Die Verminderung des Volumens und die entwickelte Wärme zeigt keine bestimmte Regel, und es läßt sich nichts daraus entnehmen.

Dieselben Versuche wurden mit den, an einem frischen Orte aufbewahrten, noch weichen Proben angestellt, gaben aber bei weitem nicht so befriedigende Resultate: man muß daher bei Anfertigung von künstlichem hydraulischen Kalk, die Mischung erst vorher gut austrocknen lassen, ehe man sie brennt.

Dieselben Versuche wurden mit mittlern und wenig hydraulischen Kalkarten angestellt, und leiteten zu denselben Schlüssen. Es erhellt also deutlich, daß der künstliche hydraulische Kalk bei seiner Bereitung nur ein mäßiges Brennen, aber den Zutritt der Luft erfordert.

(Herr Vicat erwähnt dieser Versuche des Herrn Raucourt in einem Aufsatz im Augustheft 1823. der Annales de Chimie et de Physique, nachdem er vorher noch einige ähnliche Versuche beschrieben hat, die er selbst anstellte. Er sagt:

Als ich schon vor 10 Jahren versuchte, in einem sehr kleinen Ofen, Stücke von reinem Kalkstein, mit Holz und Steinkohle gemischt, zu brennen, bemerkte ich, daß, wenn man den Ofen mehremale mit denselben Kalksteinstücken anfüllte je nachdem sie in den Aschenheerd fielen, und dabei immer neues Brennmaterial hinzusetzte, man einen todtgebrannten Kalk erhielt, der sich nicht löschen ließ, aber die merkwürdige Eigenschaft besaß, unter Wasser zu erhärten, wenn man ihn zerstampfte und wie Gyps durcharbeitete. Diese Erscheinung schien die alte Meinung aller Kalkbrenner

zu bestätigen, daß es unmöglich sey, Kalkstein, der vor dem völligen Brennen einmal erkaltet sey, noch in gebrannten Kalk zu verwandeln, und wollte man selbst einen ganzen Wald dabei verbrennen.

Es scheint hieraus zu folgen, daß ein ziemlich reines Kalkfossil, wie zum Beispiel die Kreide oder der Marmor, durch das Feuer in einen mittlern Zustand versetzt werden kann, in welchem es weder reiner Kalk noch ganz kohlensaurer Kalk ist, und daß es in diesem Zustand die Fähigkeit haben würde, unter Wasser zu erhärten, wenn man es pulverisirt und einen Teig daraus bildet.

Die durch das Feuer ganz entkohlensäuerte Kreide giebt, wenn man sie auf die gewöhnliche Art löscht, ein Hydrat, welches im Wasser nicht erhärtet; läßt man aber diese gebrannte Kreide lange Zeit an einem bedeckten Orte an der Luft liegen, so zerfällt sie von selbst, und knetet man sie dann mit etwas Wasser zu einem derben Teige, so wird dieser im Wasser auf eine sehr merkliche Art fester. Die Luft scheint hier eine neue Verbindung hervorzubringen, die der unvollkommen gebrannten Kreide analog zu seyn, und wie diese, als ein unvollkommen kohlensaurer Kalk, dieselben hydraulischen Eigenschaften zu haben scheint.

Als ich kürzlich pulverisirten Kalkstein auf dieselbe Art zu calciniren versuchte, wie ich es für die künstlichen Cemente vorgeschlagen habe, wurde ich auf Resultate geführt, welche die so eben angeführten Erscheinungen in ein näheres Licht setzen. Ich nahm zehn gleiche Theile sehr feinen Kreidestaubs. Den ersten Theil ließ ich auf einer rothglühenden Platte von Gußeisen 3 Minuten calciniren, den zweiten Theil 6 Minuten und so fort, so daß der letzte Theil eine halbe Stunde darauf liegen blieb. Während dieser Operation wurde diese pulverisirte Kreide wohl umgerührt, um eine gleichmäßige Vertheilung der Hitze zu bewirken. Diese zehn Theile wurden hierauf jeder für sich mit Wasser zu einem derben Teige geknetet, der für alle möglichst gleiche Consistenz hatte. Es zeigte sich hierbei kein Zeichen von Erhitzung oder Aufbrausen. Die ersten Nummern gaben blos den gewöhnlichen Geruch von genetzter Kreide von sich, aber die letzten zeigten außer dem, dem Kalk eigenen alkalinischen Geruch, deutliche Spuren von Kausticität.

Nachdem sie 24 Stunden unter Wasser gelegen, waren alle, mit Ausnahme der ersten, wie hydraulischer Kalk steif geworden; nach 4 Tagen drückte sich eine Stricknadel von 1 Millimeter Dicke, unten mit einer stumpfen Spitze versehen, und mit einem Bleigewicht von 0,181 Kilogr. belastet, nur 3 bis 5 Millimeter ein, und nach 12 Tagen betrug dies Einsenken der Nadel im Mittel 0,0008 Meter. Die erste Nummer (wo die Kreide nur 3 Minuten lang calcinirt worden war) blieb beständig weich.

Ich werde in der Folge noch die respektiven Festigkeiten dieser Proben messen; für jetzt beschränke ich mich darauf, noch zu bemerken, daß das Einsinken der Nadel bei Nr. 2. (die 6 Minuten calcinirt worden war) gegen Nr. 10. (die eine halbe Stunde calcinirt wurde) keinen sehr merklichen Unterschied zeigte; übrigens ist der Anfang dieses Erhärtens, so sehr dem Erhärten der hydraulischen Kalke ähnlich, daß ich mich veranlaßt gefunden habe, die Straßen- und Brückenbaubehörde darauf aufmerksam zu machen, damit man bei den verschiedenen Versuchen mit Kalksteinen, die jetzt in ganz Frankreich angestellt werden, den Versuchen mit Brennen der Kalksteine in kleinen Massen, nicht allzuviel Vertrauen schenke.

Wenn man das unvollkommen gebrannte Kreidehydrat, und den an der Luft zerfallenen reinen Kalk, wie Mischungen von verschiedenen Mengen reinen gebrannten, und kohlensauren Kalks ansieht,

so sollte man glauben, daß es möglich seyn müsse, sie genau nachzumachen, wenn man Kreidestaub mit einer Menge reinen gebrannten Kalks vermischt. Es ist jedoch von allen Versuchen, die ich von 100 Theilen bis 500 Theilen Kreide, mit 100 Theilen frisch gelöschten Kalks angestellt habe, keiner gewesen, der unter dem Wasser nur im mindesten fester zu werden geschienen hätte. Woher kommt diese Verschiedenheit?

Herr Vicat führt nun die obigen Versuche Raucourts an, und drückt zuletzt seinen Wunsch aus, daß ein geschickter Chemiker diesen wichtigen Punkt durch wiederholte Versuche in ein näheres Licht setzen möge.)

Eine Beimischung von roher Thonerde, ohne den Kalk nochmals zu brennen, verschlechterte den Kalk merklich.

Es erhellet hieraus wohl unwiderleglich, daß es einen bestimmten Grad von Oxydation der Cemente giebt, der zur Erhärtung des Mörtels am geeignetsten ist, und daß auch andere Oxyde, als z. B. die Kieselerde, die Magnesia und vielleicht alle metallischen Oxyde, zu Cementen benutzt werden könnten.

Es wurden nun noch eine Reihe Versuche angestellt, um den Einfluß zu finden, den eine größere oder geringere Zuthat von Wasser bei Bereitung des Mörtels äußert, und die Veränderungen zu beobachten, die ein längeres oder kürzeres Liegen des Kalkes, ehe er zu Mörtel benutzt wird, auf die Güte desselben hervorbringt.

(Die Beschreibung dieser Versuche ist so ausgedehnt, und die Unterschiede sind so wenig hervorspringend, die ganze Darstellung derselben in dem Werke aber überhaupt so undeutlich und schwankend, ferner die Güte des Mörtels und des Kalkes nur nach der Zeit beurtheilt, die er braucht, um unter Wasser zu erstarren, was wohl schwerlich als ein untrügliches Kennzeichen für die Folgezeit gelten kann: daß ich es für zweckmäßig gefunden habe, blos die Resultate herzusetzen. Anm. d. Uebers.)

Jeder Mörtel, der bei seiner Bereitung nur die Consistenz eines Breies hat, erstarrt zwei- bis dreimal später, als er es unter günstigern Umständen thun würde.

Derberer Mörtel (der einen eisernen Stift von 1 Linie Durchmesser mit $\frac{1}{32}$ Pfund Belastung, ohne merklichen Eindruck trägt) verliert nur etwa die Hälfte seiner Erstarrungsfähigkeit.

Noch derberer Mörtel (wie gewöhnlicher derber Mauermörtel, der die erwähnte Stahlspitze mit $\frac{1}{8}$ Pfund Belastung zu tragen im Stande ist) verliert fast nichts von seiner Güte.

Derjenige Grad von Derbheit, bei welchem der Mörtel den Eisenstift mit $\frac{1}{4}$ Pfund Belastung zu tragen im Stande ist, und wobei sich der Mörtel nur noch gerade bearbeiten läßt, ist der zweckmäßigste.

Läßt man sehr dünnen Mörtel der Luft ausgesetzt, und rührt ihn von Zeit zu Zeit um, bis er zuletzt so derb wie guter Mauermörtel wird, so erhält er dadurch beinahe die Hälfte seiner hydraulischen Eigenschaft wieder.

Ist man genöthigt, sehr hydraulischen Kalk aufzubewahren, so thut man am besten, ihn zu Staub zu zerstoßen, und ihn nach dem dritten Verfahren an der Luft zu löschen; man muß ihn dann mit sehr wenig Wasser anwenden.

Endlich wurden noch Versuche angestellt, um zu finden, welchen Einfluß es auf die Güte des Mörtels hat, wenn man den Kalk, nachdem er nach dem ersten, zweiten oder dritten Verfahren ge-

löscht worden ist, noch einige Zeit liegen läßt, ehe man ihn zu Mörtel verarbeitet. Zugleich war die Absicht dabei, die Wirkung eines nochmaligen Durcharbeitens bei Mörtel, der schon ausgetrocknet war, zu untersuchen. Die Proben hatten, als sie mit Wasser bedeckt wurden, alle einen gleichen Grad von Steifheit (so etwa daß sie den Eisenstift mit ¼ Pfund belastet, trugen.)

	Anzahl Tage, nach welchen die Proben erstarrten.		
	Löschungsart		
	erste	zweite	dritte
I. Der Probemörtel wurde sogleich nach Löschung des Kalks bereitet.			
Kalk H^3	2	4	5
derselbe halb mit Sand gemischt	2	5	10
Kalk H^2	5	6	10
derselbe mit zwei Theilen Sand gemischt	4	20	0
Kalk H^1	24	24	18
derselbe mit zwei Theilen Sand gemischt	20	20	18
fetter Kalk	—	—	65
II. Den Tag, nachdem der Kalk gelöscht war, wurden von demselben neue Mörtelproben bereitet.			
Kalk H^3	3 Tage	4	11
derselbe mit ein Theil Sand	3	6	10
Kalk H^2	5	5	8
derselbe mit zwei Theilen Sand	3	6	10
Kalk H^1	25	26	20
derselbe mit zwei Theilen Sand	18	18	24
Der Kalk H^3 verlor also etwas; der Kalk H^1 scheint, nach dem dritten Verfahren gelöscht, durch eintägiges Liegen gewonnen zu haben.			
III. Zwei Tage nach dem Löschen des Kals wurden dieselben Mörtelproben bereitet.			
Kalk H^3	3	4	12
Kalk H^2	4	6	10
Kalk H^1	24	28	20

Dies zeigt, daß nur der Kalk H^2 und H^3 durch das Liegen nach dem Löschen, ehe er zu Mörtel bereitet wird, von seiner Güte verliert.

Die nachfolgenden Versuche wurden wieder auf eine andere Art angestellt: man verwandelte den so eben auf eine der drei Arten gelöschten Kalk in einen derben Teig, ließ diesen längere oder kürzere Zeit liegen, bis er getrocknet war, und bereitete dann aufs neue Mörtel daraus, indem man ihn zerstampfte.

	Anzahl Tage, nach welchen die Mörtelproben erstarrten.		
	Löschungsart		
	erste	zweite	dritte
IV. Der Kalkteig blieb 3 Tage liegen, wurde dann von neuem durchgearbeitet und unter Wasser gelegt.			
Kalk H^3	4	4	5
Kalk H^2	4	5	6
Kalk H^1	18	20	12
V. Desgleichen nach 4 Tagen.			
Kalk H^3	5	4	4
Kalk H^2	3	4	4
Kalk H^1	16	17	10
VI. Der Kalkteig war nach 5 Tagen ganz getrocknet. Man arbeitete ihn von neuem durch, indem man Wasser hinzusetzte, einen Teig daraus bildete und ihn mit Wasser bedeckte. —			
Kalk H^3	6	5	4
Kalk H^2	5	6	5
Kalk H^1	16	18	11
VII. Eben so nach 10 Tagen.			
Kalk H^3	8	6	5
Kalk H^2	6	7	6
Kalk H^1	14	16	11
VIII. Eben so nach einem Monat.			
Kalk H^3	10	8	5
Kalk H^2	8	10	6
Kalk H^1	10	10	10
IX. Eben so nach zwei Monaten.			
Kalk H^3	25	20	20
Kalk H^2	20	15	18
Kalk H^1	8	10	10

X. Fetter Kalkstein, zerstoßen, zu einem Teige gebildet und mit Wasser bedeckt, erstarrte im Wasser.
Hydraulischer Kalk H^1 erstarrte unter denselben Umständen etwas weniger.
— — H^2 noch weniger.
— — H^3 ganz und gar nicht.

Die vorstehenden Versuche wurden auch mit solchem Mörtel wiederholt, der im Wasser aufbewahrt worden war; das Resultat war für die sehr hydraulischen Kalke ziemlich dasselbe; aber der Kalk H^2 und vorzüglich H^1 konnte auf diese Art lange als Mörtel dienen.

Bei dem Versuch II. verlor H^3 von seiner Güte, H^2 und H^1 gewannen dagegen.

Bei dem Versuch III. gewinnt H^1, und H^2 bleibt sich gleich.

Bei

Bei dem Versuch IV. gleichen sich die Resultate aus, ungeachtet des verschiedenen Löschungsverfahrens. Der Kalk H^2 gewinnt bei allen dreien, noch mehr aber der Kalk H^1.

Diese Verbesserung wird noch merklicher bei den Versuchen V., VI., VII., aber der Kalk H^3 verliert immer mehr und mehr; der Kalk H^2 fängt seinerseits beim Versuch VII. zu verlieren an und dies dauert fort bis zum letzten.

Diese Versuche, die mit großer Sorgfalt angestellt worden sind, zeigen: daß, wenn man den Kalk von neuem recht fein zerstößt und durcharbeitet, er seine hydraulischen Eigenschaften sehr lange bewahren kann;

Ferner, daß der Kalk H^3 bis zum dritten Tage unmerklich sich verschlechtert, von da an aber, wenn er nach dem zweiten und dritten Verfahren gelöscht und mit Wasser genetzt worden ist, sehr merklich gewinnt (IV. V. ꝛc.), so daß es zu rathen ist, wenn man solchen Kalk hat, der durch eine dieser beiden Löschungsarten in Staub verwandelt ist, ihn mit Wasser anzunetzen und so aufzuheben;

Ferner daß der Kalk H^2 bei jeder Löschungsart in dem Zeitraum des Versuchs VI. gewinnt, nachher aber sich zu verschlechtern anfängt, während der Kalk H^1 sich immer mehr verbessert.

Endlich daß der Kalkstein selbst, ungebrannt, feingestoßen, und mit Wasser gemischt, steif wird, und zwar vorzüglich je reiner er ist.

Alle diese Versuche zeigen, daß für sehr hydraulischen Kalk H^3 es kein besseres Verfahren giebt, als ihn ganz frisch und auf die gewöhnliche Art gelöscht, sogleich zu Mörtel zu verarbeiten, und in Gebrauch zu nehmen.

Wird der Mörtel in gewöhnlichen Kalkkasten bereitet, so geschieht die Mischung bei weitem nicht so sorgfältig, wie es bei den vorstehenden Versuchen der Fall gewesen ist, und er wird daher auch nicht dieselben Resultate geben.

(Es folgen nun noch eine Menge Beobachtungen, Bemerkungen und Anwendungen, die mir aber noch so verwickelt und hypothetisch erscheinen, daß ich sie wegzulassen vorziehe, besonders, da man doch an jedem Ort und bei jedem Bau den sich vorfindenden Kalk sorgfältig und von neuem wird prüfen müssen. Anm. d. d. Ueb.)

Es scheint, wie schon gesagt, sehr wahrscheinlich, daß nicht blos die Thonerde, sondern auch andre Oxyde, wie die Kieselerde, Talkerde, das Eisenoxyd ꝛc. dem Kalk die hydraulische Eigenschaft geben können. Wenn es nun Fälle giebt, wo der Kalk diese Oxyde in dem passenden Verhältniß enthält und doch nicht hydraulisch ist, so ist der Grund wohl darin zu suchen, daß diese Cemente nicht innig genug verbunden sind. In diesem Fall kann man sie nur als Sand ansehen, der mechanisch wie im Mörtel mit dem Kalk verbunden ist. Außerdem hat das Brennen und der dadurch veränderte Oxydationszustand einen wesentlichen Einfluß darauf. In den magern Kalken sind ungefähr 50 bis 60 Procent cementartige Beimischung enthalten. Wenn man den gelöschten Kalk mit Wasser umschüttelt, so setzen sich die gröbern Theile zu Boden. Dies sind diejenigen, die, wie wir so eben gesehen haben, nur als ein Zusatz von Sand anzusehen sind, und auf die Güte des Kalks keinen Einfluß haben. Bei Anfertigung künstlicher hydraulischer Kalke muß man auch die Thonerde vorher untersuchen, ob sie nicht solche unauflösbare Sandtheilchen enthält, da deren Wirkung in der beizumischenden Menge Thons als null anzusehen ist. Durch eine Analyse des Kalks kann man schon vorher bestimmen, wie viel Zusatz von Thonerde nöthig ist, um ihn in einen vorzüglichen hydrauli-

schen Kalk zu verwandeln, indem dieser auf 55 Theile reinen Kalks, dem Gewicht nach, 45 Theile Cement enthält.

Von dem Verfahren, um den Kalk auf die angegebnen drei Arten zu löschen.

Die gewöhnliche Art ist bekannt. Nur hüte man sich, zu viel Wasser dabei zu gebrauchen, wie es die Maurer gewöhnlich thun. Am besten thut man, wenn man die zuzusetzende Wassermenge vorher genau bestimmt und abmißt. Man hebt den so gelöschten Kalk gewöhnlich in Gruben auf. Gießt man nicht gleich anfangs die hinreichende Menge Wasser auf den Kalk, so muß man ihn erst kalt werden lassen, ehe man das Uebrige hinzuthut; denn schüttet man dies fehlende Wasser darauf, wenn er noch heiß ist, so bleibt er körnig, und zertheilt sich nicht mehr. Man kann auch den Kalk auf diese Art mittelst einer Tonne (Fig. 5.) löschen, in welcher eine bewegliche Axe mit einer Anzahl hölzerner oder eiserner Arme oder Federn angebracht ist. Der gelöschte Kalk läuft dann unten heraus. Es giebt indessen hydraulischen Kalk, der sich nicht vollständig im Wasser auflöset. Bei diesem bleibt nichts übrig, als ihn mechanisch zu pulverisiren, und dann thut man am besten, ihn erst mit Wasser zu netzen, wenn man Mörtel aus ihm bereiten will, in welchem Fall man ihn zugleich mit dem nöthigen Sande vermischt und anwendet. Um den Kalk nach dem zweiten Verfahren (durch Eintauchung) zu löschen, muß man ihn vorher in Stücke von der Größe eines Eies zerschlagen, ihn in einen gewöhnlichen Korb von Weidenruthen thun, diesen eine bestimmte Anzahl Sekunden in ein Wasserfaß tauchen, und dann den Kalk in eine leere Tonne schütten, die man nach und nach anfüllt und dann zudeckt; der Kalk wird auf diese Art ganz aufgelöset und in Staub verwandelt. Die Dauer der Eintauchung hängt von der Beschaffenheit des Kalks ab, und muß durch Versuche gefunden werden. Das Eintauchen und Ausschütten des Korbes wird sehr erleichtert, wenn man ihn an einen Strick hängt, der an die Spitze einer schief in die Erde gegrabenen Stange befestigt ist. Die Elasticität der Stange hilft dann bedeutend bei dem Heben des angefüllten Korbes. Oder man bedient sich einer Art Schöpfrad mit Armen, an welchem bewegliche Kasten hängen. In diese Kasten fallen aus einem andern oberhalb angebrachten trichterförmigen Kasten die Kalksteine. Dadurch wird das Rad in Bewegung gesetzt, der gefüllte Kasten sinkt, ein anderer tritt an seine Stelle. Unter dem Rade steht ein stets mit Wasser angefülltes Gefäß, in welches sich die mit Kalk angefüllten Kasten bei der Umdrehung von selbst eintauchen. Sobald sie wieder aus dem Wasser herauskommen, werden sie vermittelst einer Klinke (wie bei einem Schöpfrade) in eine Tonne ausgeschüttet, die sich auf diese Art nach und nach mit dem genetzten Kalke füllt. Die ganze Bewegung wird also durch keine andere Kraft als die Schwere des aus dem obern trichterförmigen Kasten herausfallenden Kalkes hervorgebracht. Steht nun die ganze Vorrichtung so, daß der Kalk aus dem Ofen bequem in diesen Kasten gebracht werden kann, so wird sehr viel Handarbeit gespart. Es ist aber noch nothwendig, daß, wie Fig. 7. zeigt, bei der untern Mündung des trichterförmigen Kastens eine Vorrichtung angebracht sey, um den Kalk in kleine Stücke zu zermalmen. Dies geschieht vermittelst der viereckigen Welle P von Gußeisen, die durch eine Kurbel gedreht wird. Die Seitenbacken mn sind ebenfalls von Eisen. Beim Umdrehen der Welle klemmen sich die Kalkstücke zwischen dieselbe und die eisernen Backen mn. Die Zeit der Eintauchung hängt von der Geschwindigkeit der Bewegung des Rades

und dieses wieder von der Menge Kalk ab, der aus dem trichterförmigen Kasten in die Kasten an den Armen des Rades fällt. Will man nun die Bewegung beschleunigen, so muß man entweder die Welle P schneller drehen, oder vermittelst des Keiles lk die Oeffnung zwischen der Welle und dem eisernen Seitenbacken vergrößern, in welchem letztern Falle jedoch die Kalkstücke größer ausfallen. Sollte das Zerbrechen der Kalkstücke zu viel Kraft erfordern, so kann man durch Hinzufügung eines Stirnrades und einer Welle die Arbeit erleichtern, wie man dies bei allen dergleichen Maschinen thut.

Um den Kalk auf die dritte Art (durch bloßes Liegen an der Luft) zu löschen, was 14 Tage bis ein Jahr dauern kann, müßte man ihn auf Böden legen. Diese könnten, zur Ersparniß, mit Zwischenböden versehen seyn, die nur etwa 2 Fuß in senkrechter Entfernung über einander lägen.

Um den Mörtel zu bereiten, ist es sehr zweckmäßig, den auf die zweite und dritte Art gelöschten Kalk durchzusieben, um alle nicht aufgelöseten Theile daraus zu entfernen. Noch besser ist die Anwendung einer Maschine, wie sie in England zur Mörtelbereitung gebräuchlich ist (auch anderwärts zum Zermalmen von verschiedenen Substanzen. Anm. d. d. Ueb.). Sie besteht aus einer runden horizontalen Scheibe von Gußeisen (oder Stein) mit einem Rande, die sich um ihren Mittelpunkt drehen läßt. Auf derselben gehen ein oder zwei Mühlsteine, so daß sie um ihre horizontalliegenden Axen beweglich sind, übrigens aber diese Axe in festliegenden Pfannen ruht. Wird nun die runde Scheibe gedreht, so werden dadurch auch die beiden Mühlsteine in Bewegung gesetzt, berühren auf diese Art nach und nach alle Theile der Oberfläche der Scheibe, und zermalmen alles, was sich darauf befindet. Fig. 6. zeigt die Einrichtung der Maschine. Die Stange g ist mit einer Vorrichtung in Verbindung, vermittelst welcher der Gang der Maschine augenblicklich kann gehemmt werden. Diese Maschine kann gebraucht werden, sowohl um Mörtel zu bereiten, als auch um Kalk oder Cemente zu pulverisiren ꝛc. Man kann die Maschine durch ein Pferd in Bewegung setzen, auch die Vorrichtung so treffen, daß die Scheibe ab festliegt, und der Mühlstein ef sich um seine Axe bewegt, indem dieselbe an der senkrechten Welle mit einem Ende befestigt, und an dem andern Ende dieser Axe die ziehende Kraft angebracht ist.

Zubereitung des künstlichen hydraulischen Kalks.

Alle Arten Thonerde sind hierzu anwendbar, selbst bloße Ziegelerde. Oft ist sie rein genug, bisweilen indessen muß sie gereinigt werden, indem man sie entweder trocknen läßt, stampft und durchsiebt, oder indem man sie schlemmt. Dies geschieht am besten, wenn man dieselbe, mit Wasser vermischt, in einem Fasse tüchtig umrührt, und dann plötzlich die auf ein Drittheil der Höhe etwa angebrachten Löcher des Fasses öffnet, worauf das mit den feinsten Theilen der Erde geschwängerte Wasser herausläuft, während der Sand und die Steine auf dem Boden liegen bleiben. Das herausgeflossene Wasser setzt sich, und nach Abgießen des reinen Wassers bleibt die geschlemmte Thonerde zurück. Dies Schlemmen der Thonerde wird vorzüglich dann nothwendig, wenn viel Sand in derselben enthalten ist, der, wie wir oben gesehen haben, als ein fremdartiger unaufgelöseter Bestandtheil keinen Einfluß auf die Güte des anzufertigenden künstlichen hydraulischen Kalks hat. Hat man verschiedene Arten Thonerde zur Hand, so wird es immer am besten seyn, durch Versuche auszumitteln, welche sich am besten zu dem Behuf eignet. Die Menge des zuzusetzenden Thones bestimmt man nun

so, daß der schon im Kalkstein enthaltene Cement zusammen mit der zuzusetzenden Thonerde ungefähr eben so viel ausmacht, als der reine Kalk, weil dies ziemlich genau das Mischungsverhältniß des besten hydraulischen Kalkes ist. Enthält die Thonerde Sandtheile, so schafft man dieselben entweder durch Schlemmen hinweg, oder bringt sie bei Bestimmung der zuzusetzenden Thonerde in Rechnung, wodurch aber das Volumen der Mischung und dadurch die Kosten des Brennens vermehrt werden.

Um den künstlichen hydraulischen Kalk anzufertigen, muß der Kalk, der dazu bestimmt ist, erst pulverisirt werden. Dies geschieht am besten, indem man ihn an der Luft zerfallen läßt, oder wenn dies zu langwierig seyn sollte, indem man ihn durch Eintauchung löscht. Hierauf muß man ihn noch sieben, welches am leichtesten in einem Cylinder von geflochtenem Drath geschieht, der um seine Axe gedreht wird, die eine gegen den Horizont geneigte Lage hat, wobei die gröbern Theile unten herausfallen. Diese letztern kann man hierauf durch Stampfen zu dem Zweck tauglich machen. Hierauf vermischt man diesen Kalk in gehörigem Verhältniß mit der Thonerde, und arbeitet die Mischung mittelst Hinzuschüttung von Wasser wie gewöhnlichen Mörtel sehr sorgfältig durch einander. Man läßt die Masse hierauf einige Stunden liegen, bis sie ziemlich derb geworden ist, thut sie dann in kleine viereckige hölzerne Formen von etwa 8 — 10″ Seitenfläche, und läßt die so geformten Würfel anfangs im Schatten, dann in der Sonne trocknen. Sie müssen jedoch unter Dach seyn.

Bei Bauten von großer Ausdehnung würde dies Verfahren zu mühsam seyn. In solchen Fällen kann man sich daher zur Mischung des Kalks mit der Thonerde einer ähnlichen Vorrichtung wie zum Löschen des Kalks oben angegeben wurde (Fig. 7.) bedienen.

Diese Würfel brennt man nun, nachdem sie getrocknet sind, in einem Kalkofen, wie gewöhnlichen Kalk. Man setzt indessen die Feuerlöcher von ungebranntem Kalkstein auf, theils weil dieser fester ist, theils um den zur Anfertigung des künstlichen hydraulischen Kalks nöthigen gebrannten Kalk zu erhalten. Hält z. B. der Ofen 1200 Cubikfuß und der Kalk erhält durchs Löschen ein dreimal größeres Volumen und erfordert $\frac{1}{5}$ Thonerde, so muß in jeden Ofen 261 Cubikfuß ungebrannter Kalkstein mit eingesetzt werden (weil $(3 . 261)\ 1\frac{1}{5} + 261 = 1200$ ist). Der Kostenbetrag für diese 939 Cubikfuß künstlichen hydraulischen Kalk stellt sich etwa so:

261 Cubikfuß Kalkstein à 5 Cent.	13 Fr.	05 Cent.
156 Cubikfuß Ziegel- oder Thonerde à 7 Cent.	10 „	92 „
Anfertigung von 939 Cubikfuß künstlichen Kalk à 20 Cent.	187 „	80 „
1500 Cubikfuß Fichtenholz à 20 Cent.	300 „	00 „
50 Arbeitstage zur Feuerung ꝛc. à 2 Franks	100 „	00 „
Unvorhergesehene Kosten	40 „	00 „
939 Cubikfuß kosten demnach	651 Fr.	77 Cent.

Der Cubikfuß kostet demnach 68 Cent. Der natürliche Kalk kostet 50 Cent. Da indessen der künstliche Kalk dreimal bis viermal weniger Mörtel giebt, so kommt er vier- bis fünfmal höher zu stehen, als der gewöhnliche Kalk. Es findet indeß bei diesem Verfahren eine große Verschwendung von Brennmaterial statt, da der künstliche Kalk wie gewöhnlicher Kalkstein gebrannt wird, während, wie wir oben gesehen haben, ein halbstündiges Brennen hinreichend gewesen wäre. Man könnte sich daher folgendes Verfahrens bedienen, welches ich indeß nicht im Großen angewendet habe, wie das frühere, und für dessen Güte, in dieser Hinsicht, ich daher nicht einstehen kann.

Anstatt die Mischung von Kalk und Thon in Würfel zu formen, ist es besser, sie entweder mit der Schaufel oder durch Stampfen möglichst klein zu machen, und so trocknen zu lassen. Hierauf müßte man sie in einem gewöhnlichen Flammofen eine Viertel- oder halbe Stunde brennen. Noch besser eignete sich hierzu ein nach Art des Rumfordschen gebauter Ofen, so daß man unten immer den gehörig gebrannten hydraulischen Kalk herausnähme, während man oben von neuem die Kalk- und Thonmischung hinzuschüttete. Um einen größern Luftzug zu bewirken, müßte man in den Schlund des Ofens mitten zwischen die zu brennende Masse eine eiserne Ofenröhre stecken. Vielleicht auch könnte man den Kalk auf eisernen Tafeln ausbreiten, und die Feuerung so anbringen, daß dieselben von unten von der Flamme berührt würden. Der Kalk müßte sich dann von selbst von oben auf die eisernen Tafeln schütten, während man von den letztern den gehörig gebrannten Kalk wegräumte. Wären diese Tafeln gegen den Horizont geneigt gelegt, so könnte man durch bloßes Schütteln bewirken, daß der gebrannte Kalk von denselben herunter fiele und der ungebrannte sich darauf von selbst ausbreitete. Der Preis eines Cubikfußes auf diese Art bereiteten künstlichen hydraulischen Kalkes läßt sich auf 34 Cent. berechnen. Wollte man gewöhnlichen Thon zu Cement brennen, so könnte man sich des nämlichen Ofens bedienen. Die Ursache, daß auf einer Eisenplatte gebrannte Thonerde einen bessern Cement giebt, als bloßes gestampftes Ziegelmehl, kann auch zum Theil darin liegen, daß die erstere im Wasser auflöslich ist, und sich daher viel inniger mit dem Kalk verbindet, als die letztere. Ueberhaupt ist bei Anwendung von Cementen die möglichste Pulverisirung und Auflösung von höchster Wichtigkeit, um die größtmöglichste chemische Verbindung mit dem Kalk hervorzubringen.

Es ist leicht einzusehen, daß das am meisten ökonomische und zweckmäßige Verhältniß zwischen Kalk und Sand im Mörtel dasjenige ist, bei welchem der Kalk nur gerade die Zwischenräume zwischen dem Sande ausfüllt. Um dies Verhältniß zu finden, darf man den Sand nur in ein Gefäß thun, und Wasser darauf gießen. Die Menge Wassers, die der Sand verschluckt, giebt dann die Menge des erforderlichen Kalkes an. Da man indessen den Kalk zu diesem Behuf nur als Teig messen kann, und derselbe etwas eintrocknet, so muß man 1 bis 2 Zehntheil mehr davon nehmen.

Wenn man in Hinsicht der Bereitung des Mörtels in vielen Schriften liest: Flußsand sey besser als gegrabener; frischgegrabener Sand sey vorzüglich; der Sand von mittlerer Größe sey besser als der grobe ꝛc., so wird dies sehr von den Umständen abhängen, und keinesweges diese Sätze auf alle Fälle anzuwenden seyn. Versuche sind in solchen Fällen immer das Beste, um zur Gewißheit zu kommen.

Der Verfasser stellt nun in mehrern noch folgenden ziemlich weitschweifigen Capiteln eine neue Nomenclatur auf, und giebt Tabellen, um aus denselben sogleich die Zusammensetzung eines jeden Mörtels zu finden. Mir scheint diese Arbeit vorläufig von noch geringem Nutzen zu seyn, da wohl noch einige Zeit vergehen wird, ehe die Vicatschen und Johnschen Ansichten über den Mörtel allgemein verbreitet sind. Wer übrigens das Vorstehende vollständig verstanden hat, wird ohne viele Mühe sich die Aufgaben beantworten können, zu deren schnellern Lösung der Verfasser diese neue Nomenclatur und die Tafeln über die Zusammensetzung des Kalks ausgearbeitet hat. Ich glaube sie daher füglich mit Stillschweigen übergehen zu können. Anm. d. d. Uebers.

Gedruckt bei August Wilhelm Schade in Berlin, alte Grünstraße Nr. 18.

In demselben Verlage erschien:

Auf

Vernunft und Erfahrung gegründete

Anleitung

den Kalch und Mörtel

so zu bereiten,

daß die damit aufzuführenden Gebäude ungleich dauerhafter seyn, auch im Ganzen genommen, weniger Kalch verbraucht werde.

Ein Beitrag

zur Naturkunde und Technologie,

zum Nutzen

aller Baumeister und Baulustigen

von

Johann Reinhold Forster.

Neue Auflage.

Preis 10 Sgr.

Taf. I.

Vorderansicht

Fig: 1.

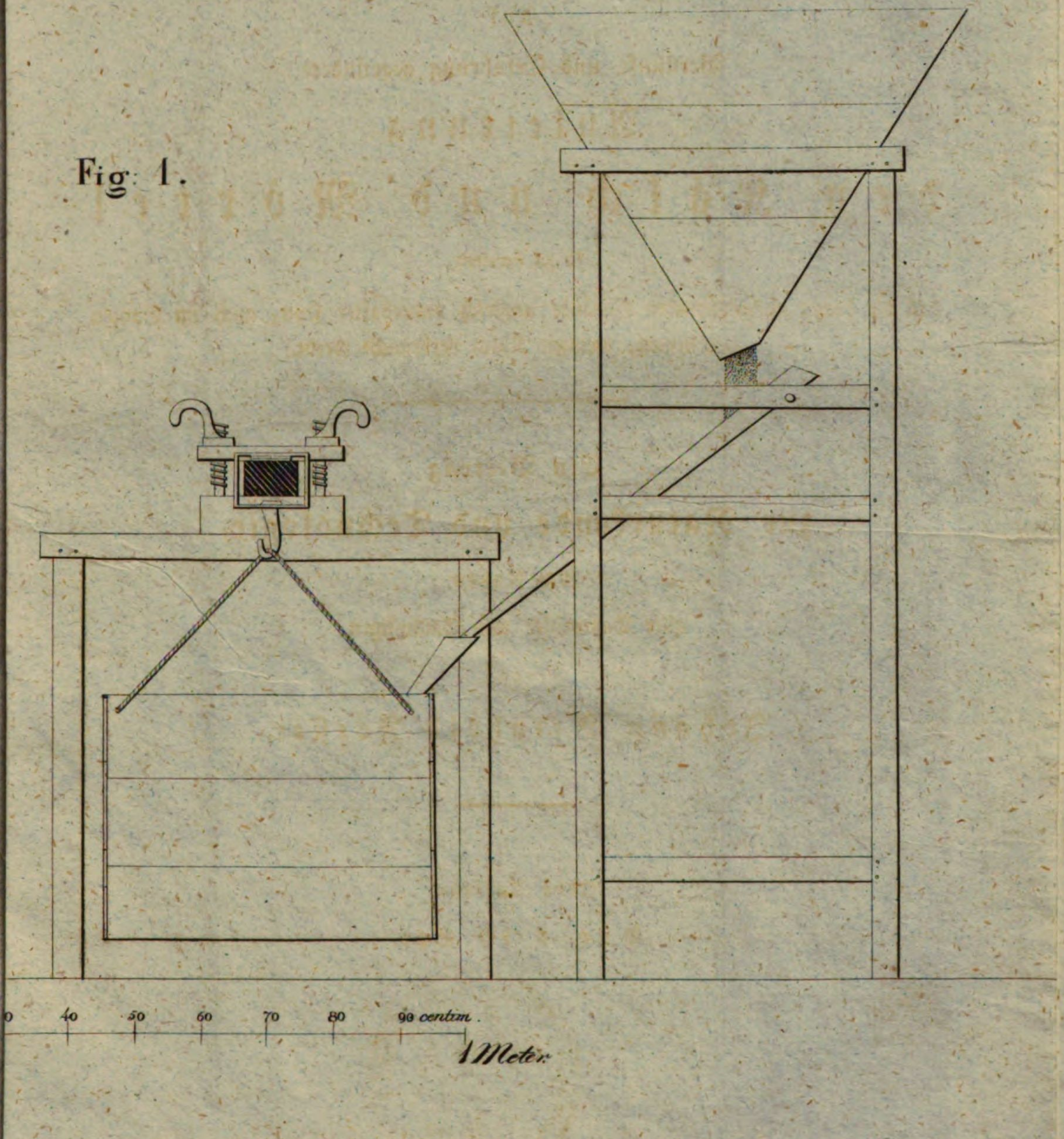
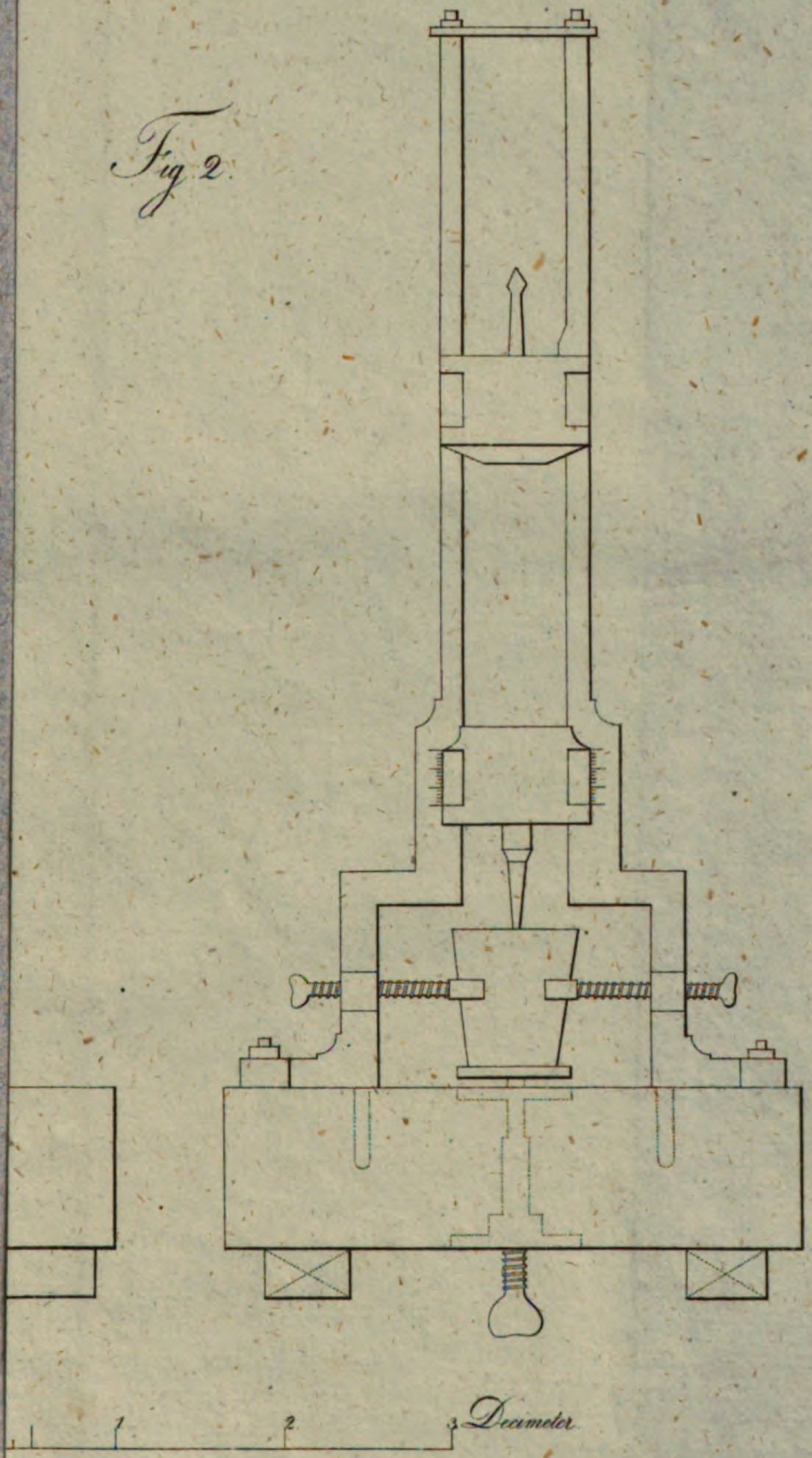


Fig. 2.

Vorderansicht



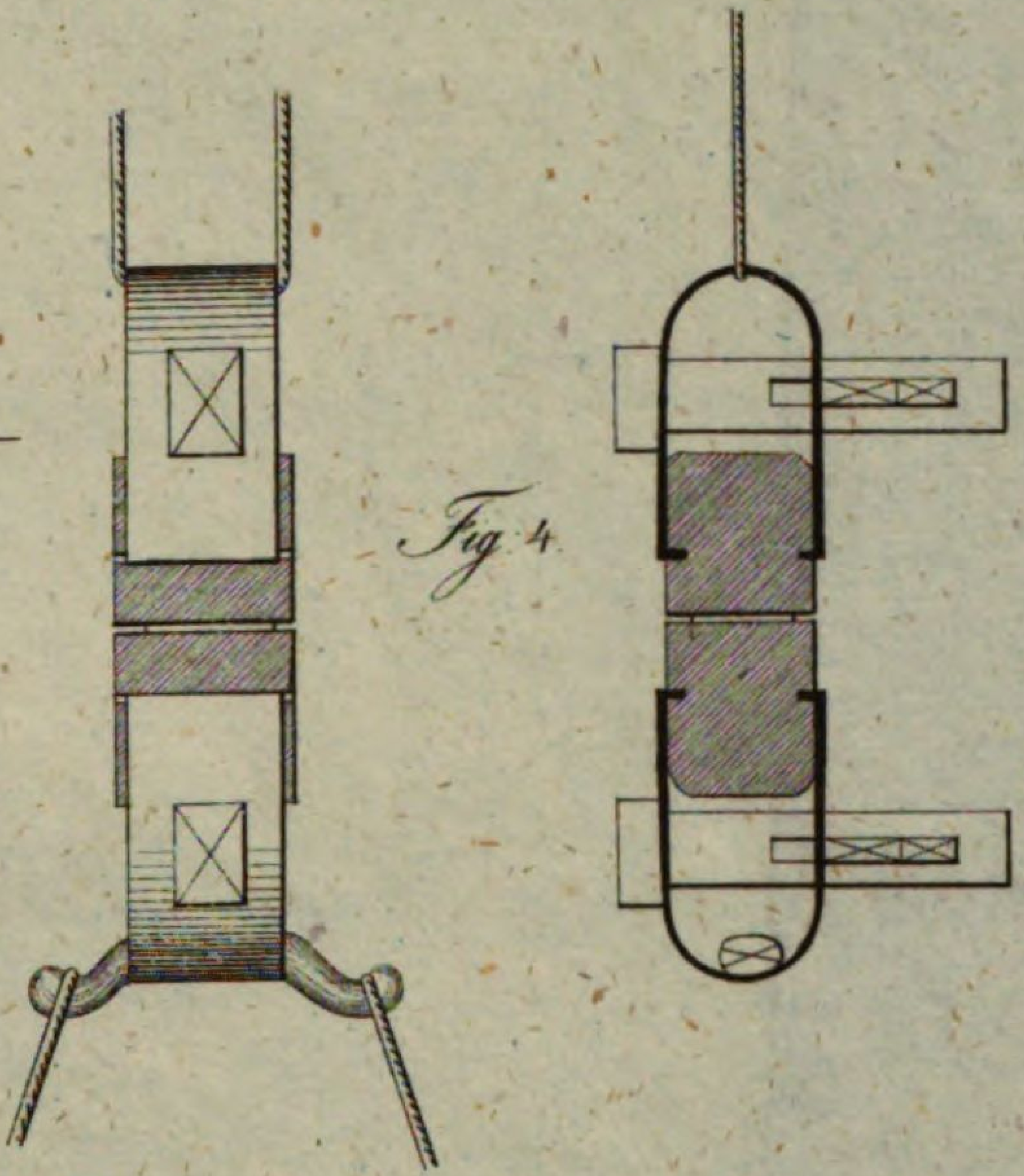


Fig. 4.

Maasstab für Fig. 3 u. 4. 16 Zoll.

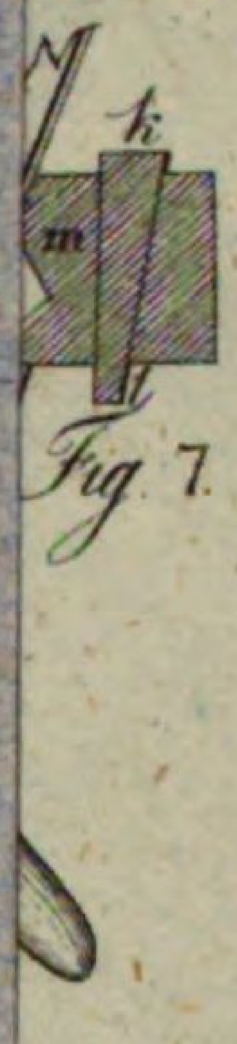


Fig. 7.

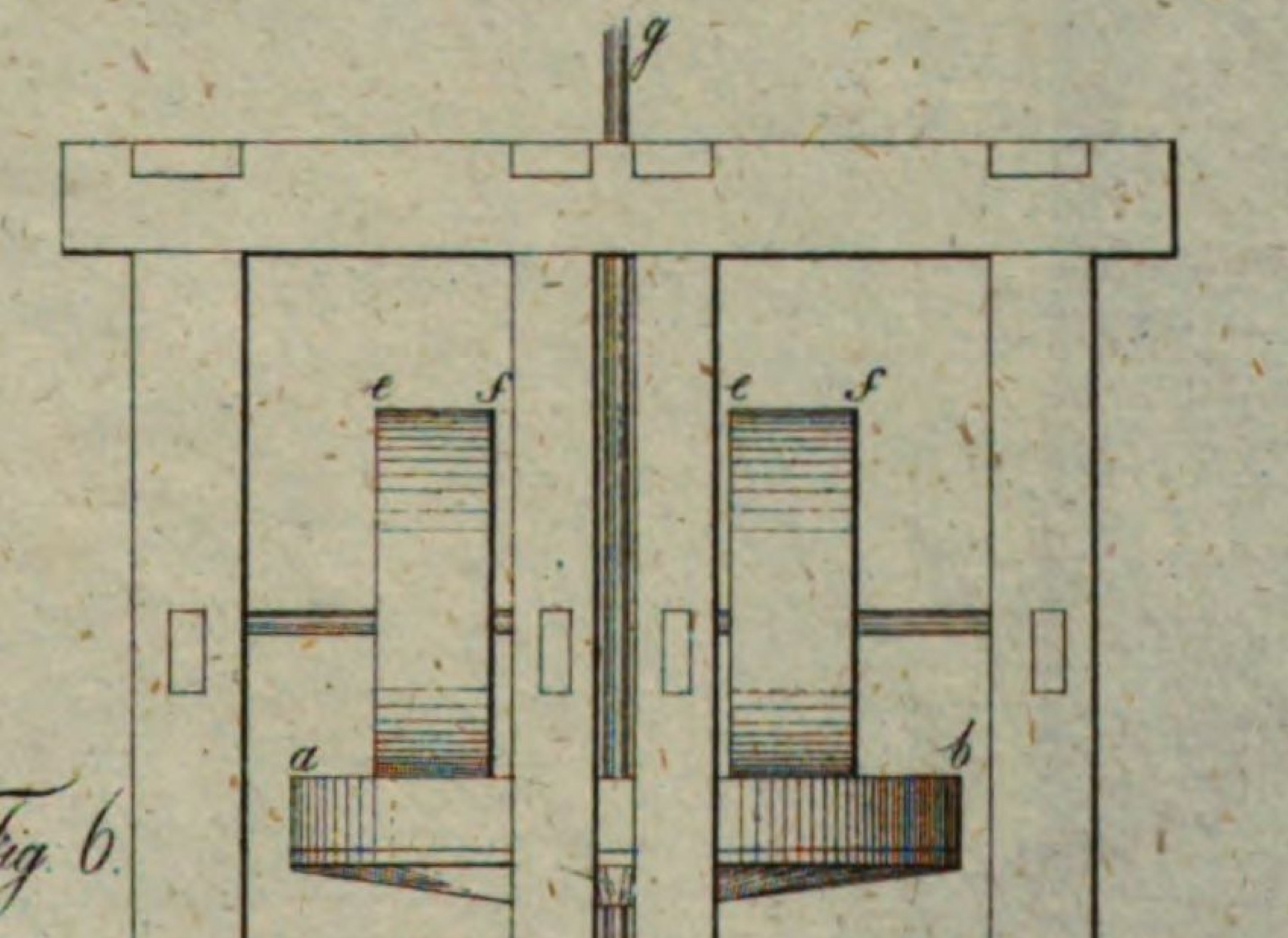


Fig. 6.

Bei Fundation der Senkelbachbrücke für die Augsb. Nürnberger Eisenbahn bediente man sich folgender Mischung von Beton

A– Traßmörtel, zu 100 Cub. Fuß

1, 10 Cub' ungel. Kalk

2, 25 Centr. Traßmehl

3, 75 C' Sand

Hieraus für

B– Beton 100 Cubicfuß

1, 50 Cub' Traßmörtel

2, 75 " Gerölle

1/2 Tag nach der Mischung ruhen lassen u. dann verbraucht. — (1842)

4° Tech
Vicat

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Vicat, Louis-Joseph

Neue Versuche über den Kalk und Mörtel

Berlin [u.a.] 1825

Augsburg, Staats- und Stadtbibliothek -- 4 Techn 378
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11224754-7